



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE SOLOS E ENGENHARIA RURAL

MARCHA DE ABSORÇÃO DE MICRONUTRIENTES PELO ABACAXIZEIRO
‘PÉROLA’ NA REGIÃO DE TABULEIROS COSTEIROS DA PARAÍBA

Clint Wayne Araújo da Silva
Orientando

Prof. Dr. Alexandre Paiva da Silva
Orientador

AREIA – PB
JULHO – 2017

CLINT WAYNE ARAÚJO DA SILVA

**MARCHA DE ABSORÇÃO DE MICRONUTRIENTES PELO ABACAXIZEIRO
'PÉROLA' NA REGIÃO DE TABULEIROS COSTEIROS DA PARAÍBA**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Coordenação do Curso de
Agronomia da Universidade Federal da Paraíba
para obtenção do título de Eng.º Agrônomo.

Orientador: Prof. Dr. Alexandre Paiva da Silva

**AREIA – PB
JULHO – 2017**

*Ficha Catalográfica Elaborada na Seção de Processos Técnicos da
Biblioteca Setorial do CCA, UFPB, Campus II, Areia – PB.*

S586m Silva, Clint Wayne Araújo da.

*Marcha de absorção de micronutrientes pelo abacaxizeiro 'Pérولا' na região de
Tabuleiros Costeiros da Paraíba / Clint Wayne Araújo da Silva. - Areia: UFPB/CCA,
2017.*

x, 41 f. : il.

*Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Agronomia) - Centro de Ciências
Agrárias. Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2017.*

Bibliografia.

Orientador (a): Prof. Dr. Alexandre Paiva da Silva.

*1. Abacaxi. 2. Ananas comosus comosus L. 3. Acúmulo de nutrientes. 4.
Nutrição mineral. I. Silva, Alexandre Paiva da (Orientador) II. Título.*

UFPB/CCA

CDU:

CLINT WAYNE ARAÚJO DA SILVA

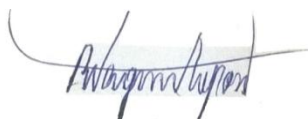
**MARCHA DE ABSORÇÃO DE MICRONUTRIENTES PELO ABACAXIZEIRO
'PÉROLA' NA REGIÃO DE TABULEIROS COSTEIROS DA PARAÍBA**

MONOGRAFIA APROVADA EM: 26/072017

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Alexandre Paiva da Silva
DSER/CCA/UFPB
Orientador



Prof. Dr. Roberto Wagner Cavalcanti Raposo – Examinador
DSER/CCA/UFPB
Examinador



Msc. Raimundo de Oliveira Cruz Neto – Examinador
Doutorando PPGCS/CCA/UFPB
Examinador

**AREIA – PB
JULHO – 2017**

DEDICATÓRIA

*À minha mãe.
Ao meu pai, minhas irmãs
e toda minha família
que sempre me incentivou
e contribuiu para minha formação.*

DEDICO.

AGRADECIMENTOS

A Deus. Que se existe (como insisto em acreditar) é o grande responsável pela minha vida e jornada, além de tantas outras coisas;

À Universidade Federal da Paraíba, por todas as formas de apoio, junto com o Centro de Ciências Agrárias e todos de seu corpo docente que contribuem efetivamente com a formação dos estudantes de Agronomia;

Ao CNPq pelo financiamento do projeto Universal e concessão de bolsa de Iniciação Científica concedida;

Ao proprietário da fazenda Quandú, Francisco Cleanto de Castro, por ceder o espaço para realização do experimento, e seus funcionários pelo apoio na execução das atividades;

Ao Prof. Alexandre Paiva da Silva pela orientação, esforço e empenho em compartilhar seus conhecimentos;

Aos funcionários e laboratoristas do Departamento de Solos e Engenharia Rural, especialmente à Dona Marielza Rodrigues.

Aos membros da banca examinadora, Prof. Roberto Wagner Cavalcanti Raposo e Raimundo de Oliveira Cruz Neto, pelas valiosas sugestões e contribuição;

Aos meus pais José Francisco da Silva e Glicélia Correia de Araújo Silva (*in memoriam*) por sempre incentivarem meus estudos;

Aos amigos que fiz no meio acadêmico, uns mais próximos outros nem tanto, mas todos igualmente importantes e com alguma contribuição à minha formação profissional e pessoal, especialmente àqueles que fizeram parte da turma 2012.1;

E aos colegas de trabalho Mateus Guimarães, João Batista, Ewerton Gonçalves e Silvana Nunes, que contribuíram para que esta obra pudesse ser concebida;

.

SILVA, Clint Wayne Araújo da. **Marcha de absorção de micronutrientes pelo abacaxizeiro ‘Pérola’ na região de Tabuleiros Costeiros da Paraíba.** Areia – PB, 41p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) – Universidade Federal da Paraíba.

RESUMO

Apesar da importância dos micronutrientes para a abacaxicultura, há carência de informações sobre as reais exigências destes nutrientes pelo abacaxizeiro durante as diferentes fases de seu ciclo. Neste trabalho objetivou-se avaliar a marcha de absorção dos micronutrientes B, Cu, Fe, Mn e Zn pelo abacaxizeiro ‘Pérola’ nas condições edafoclimáticas de Tabuleiros Costeiros paraibanos. O experimento foi instalado em Argissolo Vermelho-Amarelo do município de Itapororoca e conduzido em condições de sequeiro, no período de maio de 2014 à maio de 2016. Adotou-se o delineamento experimental de blocos casualizados com os tratamentos arranjados em esquema de parcelas subdivididas no tempo em três repetições. Os fatores estudados constaram de oito compartimentos da planta (raízes; caule; folhas A, B, e C; folhas D; folhas E e F; pedúnculo; mudas; e inflorescência/infrutescência) e nove épocas de coleta (120, 197, 257, 334, 364, 469, 568, 591 e 745 dias após o plantio - DAP). Em cada época de coleta foram selecionadas três plantas (uma planta/bloco), as quais tiveram suas partes morfológicas pesadas e destinadas a quantificação da umidade e dos teores de micronutrientes. Observaram-se dois períodos de intenso acúmulo de matéria seca pela planta (o primeiro entre 197 e 334 DAP e o segundo entre 469 e 591 DAP). O período de maior demanda diferiu entre os micronutrientes avaliados: B (entre 334 e 469 DAP), Cu (fase vegetativa - 197 e 334 DAP e reprodutiva - 469 e 591 DAP), Fe (fase vegetativa - 197 e 257 DAP e reprodutiva 591 e 745 DAP), Mn (entre 257 e 334 DAP) e Zn (entre 334 e 568 DAP). Ao final do ciclo (745 DAP) a ordem decrescente de acúmulo de micronutrientes foi: Fe>Mn>B>Zn>Cu, com as seguintes quantidades acumuladas: 6038, 2859, 1058, 367, e 67 g/ha, respectivamente. A exportação de micronutrientes pelos frutos e mudas obedeceu a seguinte ordem: Fe>Mn>B>Zn>Cu, com as seguintes quantidades exportadas: 1980, 1404, 645, 232, e 51g/ha, respectivamente.

PALAVRAS-CHAVE: *Ananas comosus* comosus L., extração e exportação, nutrição mineral

SILVA, Clint Wayne Araújo da. **Uptake of micronutrients by pineapple cv. 'Pérola' in the area of Coastal Tablelands of Paraíba state.** Areia – PB, 41p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) – Universidade Federal da Paraíba.

ABSTRACT

There is lack information about the actual requirements of micronutrients for pineapple during their cycle. The objective of this work was to evaluate the accumulation curves of the micronutrients B, Cu, Fe, Mn and Zn by 'Pérola' pineapple under the edaphoclimatic conditions at Coastal Tablelands of Paraíba state. The experiment was carried out in a Red-Yellow Ultisol in the Itapororoca county, and conducted under rainfed conditions from May 2014 to May 2016. The randomized block experimental design was used, with three replicates, under split plots scheme. The factors were eight components of the plant (roots, leaves A, B, and C, leaves D, leaves E and F, peduncle, seedlings, and inflorescence/infructescence) and nine sampling periods (120, 197, 257, 334, 364, 469, 568, 591 and 745 days after planting (DAP). There were two periods of intense accumulation of dry matter (the first between 197 and 334 DAP and the second between 469 and 591 DAP). The period of greatest demand differed between micronutrients: B (between 334 and 469 DAP), Cu (vegetative phase - 197 and 334 DAP and reproductive - 469 and 591 DAP), Fe (vegetative phase - 197 and 257 DAP and reproductive 591 and 745 DAP), Mn (between 257 and 334 DAP) and Zn (between 334 and 568 DAP). At the end of the cycle (745 DAP) the decreasing order of micronutrient accumulation was: Fe > Mn > B > Zn > Cu, with the following accumulated amounts: 6038, 2859, 1058, 367 and 67 g/ha, respectively. The decreasing order of micronutrients export by fruits and seedlings was: Fe > Mn > B > Zn > Cu, with exports: 1980, 1404, 645, 232, and 51g/ha, respectively.

KEYWORDS: *Ananas comosus* L., extraction and export, mineral nutrition.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Precipitação pluviométrica (mm) durante a condução do experimento, no município de Itapororoca-PB, 2015-2016.....	14
Figura 2. Acúmulo de matéria seca pela planta do abacaxizeiro ‘Pérola’	18
Figura 3. Acúmulo de matéria seca nas diferentes partes morfológicas do abacaxizeiro ‘Pérola’	20
Figura 4. Acúmulo de B pela planta do abacaxizeiro ‘Pérola’	23
Figura 5. Acúmulo de Boro nas diferentes partes morfológicas do abacaxizeiro ‘Pérola’	24
Figura 6. Acúmulo de Cu pela planta do abacaxizeiro ‘Pérola’	25
Figura 7. Acúmulo de Cu nas diferentes partes morfológicas do abacaxizeiro ‘Pérola’	27
Figura 8. Acúmulo de Fe pela planta do abacaxizeiro ‘Pérola’	28
Figura 9. Acúmulo de Fe nas diferentes partes morfológicas do abacaxizeiro ‘Pérola’	30
Figura 10. Acúmulo de Mn pela planta do abacaxizeiro ‘Pérola’	31
Figura 11. Acúmulo de Mn nas diferentes partes morfológicas do abacaxizeiro ‘Pérola’	33
Figura 12. Acúmulo de Zn pela planta do abacaxizeiro ‘Pérola’	34
Figura 13. Acúmulo de Zn nas diferentes partes morfológicas do abacaxizeiro ‘Pérola’	35

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Resultados da análise química do solo nas profundidades de 0 – 20 cm e 20 – 40 cm, e da análise física de granulometria de 0 – 20 cm.....	15
Tabela 2 – Estimativa dos parâmetros do modelo de regressão ajustado para os acúmulos de matéria seca e micronutrientes pelo abacaxizeiro ‘Pérola’ em suas partes morfológicas.....	21

SUMÁRIO

RESUMO.....	vi
ABSTRACT.....	vii
LISTA DE FIGURAS.....	viii
LISTA DE TABELAS.....	ix
SUMÁRIO.....	x
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1. Dinâmica dos micronutrientes no solo.....	3
2.1.1. Boro.....	3
2.1.2. Cobre.....	4
2.1.3. Ferro.....	5
2.1.4. Manganês.....	5
2.1.5. Zinco.....	6
2.2. Micronutrientes na planta.....	7
2.2.1. Boro.....	8
2.2.2. Cobre.....	8
2.2.3. Ferro.....	9
2.2.4. Manganês.....	9
2.2.5. Zinco.....	10
2.3. Manejo da adubação com micronutrientes no abacaxizeiro.....	11
2.3.1. Práticas recomendadas.....	11
2.3.2. Níveis críticos.....	12
2.3.3. Respostas do abacaxizeiro.....	12
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	14
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	18
4.1. Crescimento: matéria seca.....	18
4.2. Marcha de absorção de micronutrientes.....	23
4.2.1. Boro.....	23
4.2.2. Cobre.....	25
4.2.3. Ferro.....	28
4.2.4. Manganês.....	31
4.2.5. Zinco.....	34
5. CONCLUSÕES	36
6. REFERÊNCIAS.....	36

1. INTRODUÇÃO

O abacaxizeiro (*Ananas comosus* var. *comosus* L.) é uma das principais fruteiras tropicais cultivadas no mundo, sendo o Brasil um dos maiores produtores mundiais, com produção de 1,8 bilhões de frutos numa área colhida de 69.165 ha. No Brasil, o Estado da Paraíba é o segundo principal produtor com produção de 294 milhões de frutos numa área colhida de 10 mil ha, o que corresponde a 16% da produção nacional (IBGE, 2016).

A zona abacaxicultora paraibana concentra-se nos municípios das microrregiões litorâneas, em áreas de Tabuleiros Costeiros, nas quais predominam solos de textura arenosa, ácidos e de baixa fertilidade natural (Souza et al., 2007; Rodrigues et al., 2010). Os principais municípios produtores são Itapororoca, Araçagi e Santa Rita, que juntos respondem por 66% da produção estadual (IBGE, 2016). O cultivo é feito essencialmente por pequenos produtores, utilizando-se a cultivar Pérola e com adoção de baixo nível tecnológico (Barreiro Neto et al., 2013).

A adubação e a nutrição mineral estão entre os principais fatores que afetam a produtividade agrícola, fato agravado por se desconhecer as exigências nutricionais da maioria das culturas de interesse econômico (Silva et al., 2009). Tais informações são imprescindíveis para o planejamento e execução de um programa de adubação mais eficiente, uma vez que a otimização das doses é uma questão multifatorial (solo, clima, cultivar, manejo), e que requer a geração de informações para condições específicas (Silva et al., 2012).

Informações sobre demanda nutricional (acúmulo e partição) pelas partes morfológicas do abacaxizeiro nas diferentes fases do ciclo fenológico são de fundamental importância para definição de doses e épocas de aplicação dos fertilizantes, bem como para estabelecer as quantidades mínimas a serem aplicadas para restaurar ou manter a fertilidade do solo (Pegoraro et al., 2014).

Apesar de escassa, a literatura evidencia, em vários países produtores, diversas situações nas quais o desenvolvimento e a produtividade do abacaxizeiro podem estar sendo afetados pela deficiência de micronutrientes. Todavia, observa-se pouca atenção às aplicações de micronutrientes nos plantios comerciais de abacaxi no Brasil, incluindo os do Estado da Paraíba, principalmente nos cultivos conduzidos por pequenos e médios produtores (Souza, 1999).

Embora alguns trabalhos evidenciem a importância de B e Zn para a cultura, Fe e Mn são os micronutrientes extraídos em maiores quantidades pelo abacaxizeiro seguidos de Zn, B

e Cu (Paula et al., 1998). No entanto, ainda existem poucas informações disponíveis sobre o assunto na literatura (Paula et al., 1998; Souza, 1999; Malézieux & Bartholomew, 2003; Feitosa et al., 2011; Souza, 2012), sobretudo para o abacaxizeiro ‘Pérola’ cultivado nas condições edafoclimáticas de Tabuleiros Costeiros Paraibanos (Rodrigues et al., 2010).

Pelo exposto, e devido à importância da abacaxicultura para os aspectos sociais e econômicos do Estado da Paraíba, objetivou-se com este trabalho avaliar a marcha de absorção dos micronutrientes B, Cu, Fe, Mn e Zn pelo abacaxizeiro ‘Pérola’ nas condições edafoclimáticas da zona abacaxicultora paraibana.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Dinâmica de micronutrientes no solo

De modo geral, a disponibilidade dos micronutrientes para as plantas é influenciada por diversos fatores. Além de pH, teor e composição da fração argila e matéria orgânica são importantes para a dinâmica desses nutrientes no solo.

A seguir são apresentadas informações sobre alguns aspectos relacionados com a disponibilidade de micronutrientes no solo.

2.1.1. Boro (B)

O B pode assumir diferentes formas no solo: a) como B solúvel em água, b) trocável, c) complexado pela matéria orgânica do solo, d) ocluso em óxidos de Mn, e) associado aos óxidos e hidróxidos de Fe e Al amorfos e cristalinos, e f) residual, ou associado aos silicatos do solo (Ferreyra H. & Silva, 1999). Todavia, o B disponível é aquele representado pelo somatório das frações B da solução, trocável e complexado pela matéria orgânica (Dantas, 1991).

Os teores de B disponível estão sempre abaixo de 5% do B total e em solos brasileiros encontram-se numa amplitude de 0,06 a 4,34 mg.dm⁻³, geralmente em torno de 1 mg.dm⁻³ e aceitando-se como deficientes aqueles com teores abaixo de 0,5 mg.dm⁻³ (Dantas, 1991; Ferreyra H. & Silva, 1999). Contudo, teores de B disponível em água quente entre 0,36 e 0,90 mg.dm⁻³ podem ser considerados adequados (Alvarez V. et al., 1999).

Além da matéria orgânica, a disponibilidade do B é afetada principalmente pelo pH, e cai na medida em que este aumenta – fato relacionado principalmente às cargas dependentes de pH nos óxidos (Dantas, 1991). Existe uma maior afinidade de adsorção de B pelos óxidos Mn em relação aos óxidos de Fe e Al, mas por existirem em pequenas quantidades, é atribuída a estes últimos maior importância quanto a fixação de B (Ferreyra H. & Silva, 1999).

Com exceção da turmalina que constitui a única fonte nativa de B, e que, em geral, o libera lentamente para a solução, os principais minerais contendo B em sua composição são facilmente intemperizáveis. No solo, as espécies solúveis de B são o ácido bórico (H₃BO₃), predominante em condições ácidas, e o íon borato [B(OH)₄⁻], que prevalece em condições alcalinas (Mello et al., 1985). O B apresenta baixa energia de adsorção, sendo teoricamente bastante suscetível à lixiviação. Apresenta boa mobilidade no solo, sendo mais fortemente

adsorvido que o cloreto e o nitrato, e transportado tanto pelo mecanismo de difusão quanto o de fluxo de massa (Camargo, 1991).

As principais fontes de B utilizadas na adubação são o bórax (11 % de B) e o ácido bórico (17% de B), mais solúvel. Outra opção são as fritas – silicatos sintetizados (produtos vítreos moídos) de concentrações variáveis de micronutrientes, e que apresentam solubilidade moderada (Volkweiss, 1991).

2.1.2. Cobre (Cu)

Nos solos, pode-se encontrar Cu em diferentes formas: a) solução, b) trocável, c) adsorvido aos coloides orgânicos e minerais, d) ocluso em constituintes orgânicos e óxidos e hidróxidos, e e) na estrutura de minerais. Contudo, sua disponibilidade é reduzida com a elevação do pH, mesmo dentro de faixas ácidas, fato atribuído à diminuição da solubilidade dos óxidos de Cu, ao aumento da quantidade de Cu adsorvida, e ao aumento da estabilidade das ligações com a matéria orgânica, podendo originar, assim, diversos precipitados acima de pH 7 (Ferreira & Cruz, 1991). Quanto às formas complexadas, os complexos orgânicos são mais abundantes que os inorgânicos, e os envolvendo ácido fúlvico mais solúveis que o húmico (Camargo, 1991).

Os teores de Cu disponível não se correlacionam com os teores totais de Cu no solo. Ademais, a amplitude de valores observados para o Cu disponível é muito variável, em função dos diversos extratores e técnicas utilizadas, podendo-se assumir de modo geral teores entre 0,1 e 10 mg.dm⁻³, e níveis críticos em torno de 1 mg.dm⁻³ (Ferreira & Cruz, 1991). Utilizando-se o extrator Melich-1 os teores adequados de Cu disponível giram em torno de 1,3 mg.dm⁻³ (Alvarez V. et al., 1999).

O Cu é frequentemente encontrado associado ao S na constituição dos minerais, mas a alta solubilidade dos minerais de Cu contrasta com a baixa solubilidade do Cu na reação do solo. As formas mais comuns de Cu encontradas no solo são o Cu²⁺, que predomina em pH ácido, Cu₂(OH)₂²⁺ e CuOH⁺ (Camargo, 1991), sendo o fluxo de massa o mecanismo mais importante para o seu transporte no solo (Oliver e Barber, 1996).

As adubações com Cu apresentam um considerável efeito residual, sendo normalmente utilizada a fonte sulfato de cobre (25% de Cu) em aplicações no solo; embora o óxido de cobre (75% de Cu), desde que finamente moído, também se mostre eficiente. (Volkweiss, 1991).

2.1.3. Ferro (Fe)

O ferro é extremamente abundante nos solos e a partir do intemperismo de seus minerais é liberado na forma de óxidos livres que se acumulam na fração argila. No entanto as percentagens das formas solúveis de Fe são muito pequenas quando comparadas as de Fe total e encontram-se como Fe^{3+} e suas formas hidrolisadas, e Fe^{2+} , além de alguns complexos e quelatos orgânicos, importantes para a mobilidade do elemento no solo (Bataglia, 1991).

A disponibilidade de Fe é determinada pela quantidade das formas de Fe^{3+} , cuja solubilidade para maioria delas diminui com a elevação do pH, atingindo mínimos teores em valores de pH de 6,5 a 8, embora em condições normais de pH a solubilidade desta formas já seja baixa. Em condições de boa aeração o Fe^{2+} contribui pouco para a solução, exceto em solos consideravelmente ácidos (Bataglia, 1991; Mello, 1985).

As reações redox são muito importantes para a disponibilidade deste elemento, de modo que faixas de pH mais ácido assim como condições anaeróbicas proporcionadas pelo metabolismo bacteriano promovem redução de Fe^{3+} a formas mais solúveis. Assim, destaca-se a importância dos quelatos orgânicos e a capacidade diferencial das plantas em baixar o pH rizosférico visando aumentar a disponibilidade e a absorção deste elemento (Bataglia, 1991).

Em solos do cerrado, considerados ricos em óxidos de Fe, o teor médio disponível deste elemento é de 30 mg.dm^{-3} (Vendrame et al., 2007). Níveis adequados de Fe disponível extraído com Mehlich-1 variam de 19 a 45 mg.dm^{-3} , faixa considerada de média a boa disponibilidade (Alvarez V. et al., 1999).

O sulfato ferroso (19% de Fe) é a principal fonte de Fe utilizada como fertilizante. Outras fontes importantes são os quelatos, e as fritas, mas usadas em menor proporção. Em geral, as fontes de Fe têm baixa eficiência. Em solos calcários e de reação neutra ou alcalina, entretanto, fontes que não os quelatos são ineficientes. Os quelatos tem alta solubilidade e mantem o Fe protegido com dissociação gradual. Assim como as fritas, eles apresentam concentrações variáveis do micronutriente em questão (Volkweiss, 1991).

2.1.4. Manganês (Mn)

O Mn é encontrado com bastante frequência na forma de óxidos e sulfetos, e apresenta comportamento químico e mineralógico muito complexo. Durante o intemperismo, óxidos de Mn são liberados e diversos compostos são formados. Pela precipitação, esses compostos acumulam-se rapidamente na fração argila dos solos. Ademais, o Mn pode ser encontrado

complexado pela matéria orgânica de forma insolúvel, trocável, e na solução, onde predomina a forma iônica Mn^{2+} e organicamente complexado (Borkert, 1991)

Uma fração relativamente alta do Mn total do solo é encontrada nas formas consideradas disponíveis (trocável e na matéria orgânica sujeita a decomposição). Quando adicionado via fertilizante, maior parte do Mn será também adsorvido aos sítios de troca e complexado pela matéria orgânica, que poderá voltar a fornecê-lo para solução, indicando baixa afinidade dos solos pela sua adsorção específica (Nascimento et al., 2002).

O Mn ocorre em diferentes estados de oxidação: Mn^{2+} , mais solúvel; Mn^{3+} , mais reativa; e Mn^{4+} , inerte. Tanto o pH quanto o potencial redox tem grande importância na disponibilidade do Mn justamente pela influência nas suas reações de oxi-redução. Com a elevação do pH o Mn^{2+} é oxidado a suas formas menos solúveis, sendo o contrário também válido. Em pH muito ácido, dependendo de sua presença que é muito variável nos solos, o Mn pode facilmente apresentar toxicidade para as plantas devido a sua alta disponibilidade. Em condições anaeróbicas a redução das formas superiores de Mn a Mn^{2+} é favorecida, aumentando sua disponibilidade. Por outro lado, o contrário também é válido, com oxidação favorecida em condições aeróbicas (Borkert, 1991).

Tanto o mecanismo de difusão como o fluxo de massa são importantes para o transporte do Mn no solo, sendo a difusão predominante quando o elemento encontra-se em baixas concentrações na solução e o fluxo de massa quando o mesmo encontra-se em altas concentrações (Oliver e Barber, 1966).

Pode-se assumir como teores adequados de Mn disponível, extraído pelo Mehlich-1, aqueles variando de 6 a 12 $mg.dm^{-3}$ (Alvarez V. et al., 1999).

Os principais fertilizantes contendo Mn são o sulfato manganoso (27% de Mn), o óxido manganoso (41 a 68% de Mn) e as fritas. Estes últimos, pela baixa solubilidade que apresentam, devem ser utilizados idealmente finamente moídos, como pó. Quelatos também são fontes importantes de Mn, pois, semelhantemente ao Fe, permitem que o micronutriente metálico envolvido permaneça mais tempo em solução em condições que normalmente se insolubilizaria (Volkweiss, 1991).

2.1.5. Zinco (Zn)

O Zn encontra-se na estrutura de diversos minerais (sulfetos, silicatos, carbonatos, óxidos), e ainda como cátion trocável, na solução do solo, e na matéria orgânica. Contudo sua

forma específica na solução, em condições normais de pH é o Zn^{2+} , acima de pH 7,7 ocorre como ZnOH^+ , e apenas acima de pH 9,1 ocorre na forma neutra como Zn(OH)_2 (Souza & Ferreira, 1991).

Apesar de ocorrer principalmente como Zn^{2+} , a maior parte do Zn em solução apresenta-se na forma de quelatos orgânicos e não como cátions livres. Por outro lado, grande parte do Zn associado à matéria orgânica está na fração húmica e encontra-se mais fortemente adsorvida. A matéria orgânica apresenta maior capacidade de adsorção do Zn, podendo reduzir sua disponibilidade, enquanto que os óxidos mostram-se pouco expressivos. O Zn pode também ser fortemente adsorvido aos carbonatos de Ca e Mg. (Souza & Ferreira, 1991; Nascimento et al., 2002b).

A solubilidade do Zn no solo é muito baixa, uma vez que em média, apenas 1% do Zn total encontra-se na forma trocável, e apenas 4% do Zn total está associado à matéria orgânica e disponível (Nascimento et al., 2002b). O mecanismo envolvido no transporte do Zn no solo é o de difusão. E sua disponibilidade é afetada principalmente pela matéria orgânica, como já comentado, e pelo pH, que pode reduzir em até 100 vezes a disponibilidade de Zn para cada unidade aumentada (Camargo, 1991).

Os teores considerados adequados de Zn disponível no solo extraídos pelo extrator Mehlich-1 encontram-se entre 1,0 e 2,2 mg.dm^{-3} (Alvarez V. et al., 1999).

As aplicações de Zn no solo também apresentam efeito residual, e sua principal fonte é o sulfato de zinco (23% de Zn). Óxido de zinco (68% de Zn) e fritas, quando finamente moídos também se mostram eficientes, sendo o uso dos quelatos mais importante em solos calcários e de reação neutra, onde se mostra mais eficiente que o sulfato e o óxido (Volkweiss, 1991).

2.2. Micronutrientes na planta

Os micronutrientes encontram-se nas plantas principalmente como constituintes de enzimas (grupo prostético) e ativadores enzimáticos, e os seus teores são cerca de até mil vezes menores que os dos macronutrientes.

Durante sua aquisição pelas plantas, distintos mecanismos de absorção estão envolvidos. De modo geral, são transportados facilmente pelo xilema. Pelo floema, em se tratando de redistribuição, o B é considerado imóvel (com exceções) e Cu, Fe, Mn, e Zn

parcialmente móveis; entretanto Fe e Mn ($Mn < Fe$) apresentam-se com mobilidade consideravelmente menor que Cu e Zn (Malavolta et al., 1997; Kirkby & Römheld, 2007).

2.2.1. Boro (B)

Apesar de não ser constituinte de nenhum composto e de não atuar como ativador enzimático, o B tem participação em diversos processos, incluindo germinação do grão de pólen e crescimento do tubo polínico, divisão celular, síntese de RNA, estruturação da parede celular, estabilidade e funcionamento da membrana celular, transporte de açúcares pela membrana, respiração, metabolismo dos fenóis, metabolismo do AIA, fixação de N_2 , metabolismo do ascorbato, e diminuição da toxicidade de Al, entre outros (Kirkby & Römheld, 2007).

O mecanismo predominante no processo de absorção radicular de B é o passivo, promovendo acúmulo do elemento nas extremidades das folhas mais velhas devido ao fluxo transpiratório. Contudo, em baixas concentrações do elemento na solução, mecanismos distintos com gasto energético podem ser ativados para melhorar a absorção deste elemento. Imobilizado, principalmente nas paredes celulares, a redistribuição do B pelo floema é restrita a algumas espécies que utilizam polióis como metabólitos secundários, devido à associação destes com B formando complexos. Nas demais espécies o B é considerado imóvel (Dechen et al., 1991; Kirkby & Römheld, 2007).

Em geral, a exigência das dicotiledôneas por B, especialmente as leguminosas, é consideravelmente maior que a das monocotiledôneas. Todavia, teores adequados de B nas folhas das espécies cultivadas variam de 20 a 100 $mg.kg^{-1}$, excluindo-se aquelas altamente exigentes e as muito pouco exigentes (Malavolta et al., 1997; Martinez et al., 1999).

2.2.2. Cobre (Cu)

A formação de quelatos altamente estáveis contendo Cu permite a participação deste elemento em vários processos de transferência de elétrons. Diversas enzimas que o contém desempenham papel fundamental em processos como fotossíntese, respiração, desintoxicação de radicais superóxido no cloroplasto, lignificação. (Kirkby & Römheld, 2007).

O Cu é absorvido pelas raízes principalmente como Cu^{2+} de forma ativa e pelo mesmo mecanismo que o Zn, onde um inibe a absorção do outro, o seu transporte pelo xilema é lento devido a sua forte ligação às paredes celulares. Quando bem nutrida em Cu, a planta pode tê-

lo redistribuído, do contrário ele será relativamente imóvel. Sua mobilidade também é dependente do suprimento de N, de modo que um maior suprimento de N reduzirá a disponibilidade de Cu dentro da planta, tornando-a mais exigente neste último (Dechen et al., 1991; Kirkby & Römheld, 2007).

Para maioria das espécies os teores adequados de Cu encontram-se abaixo de 20 mg.kg⁻¹ (Malavolta et al., 1997; Martinez et al., 1999).

2.2.3. Ferro (Fe)

O Fe está presente em diversas proteínas e também atua como ativador enzimático, desempenhando papel importante na transferência de elétrons, na respiração, fotossíntese, biossíntese de clorofila, e desintoxicação de superóxidos (Dechen et al., 1991; Kirkby & Römheld, 2007).

A aquisição de Fe pelas raízes é um processo metabolicamente controlado. O Fe pode ser absorvido como Fe³⁺, Fe²⁺ e Fe-quelato, mas antes que entre nas células este precisa ser reduzido a Fe²⁺. Uma vez incorporado nos cloroplastos, sua mobilidade é limitada, embora possa ser translocado através do floema durante a senescência. Entretanto, para que haja mobilidade do Fe no floema é necessária a formação do quelato Fe-nicotianamina. Tanto no xilema quanto no floema o Fe é facilmente transportado (Dechen et al., 1991; Kirkby & Römheld, 2007).

Os teores adequados de Fe apresentam amplitude de valores muito grande, mesmo considerando uma mesma espécie. Os valores de referência para o milho, por exemplo, encontram-se entre 20 e 250 mg.kg⁻¹ (Malavolta et al., 1997; Martinez et al., 1999).

2.2.4. Manganês (Mn)

Facilmente oxidável, o Mn também desempenha papel importante em reações redox, de transferência de energia. Além de ser um ativador de diversas enzimas, ele ocorre como integrante estrutural de duas enzimas específicas. Atua principalmente na fotossíntese, como integrante estrutural da enzima responsável pela quebra da molécula de água e desenvolvimento do O₂; e na desintoxicação de superóxidos, como integrante de uma superóxido dismutase específica de ocorrência na mitocôndria, nos peroxissomas e glioxissomas (Kirkby & Römheld, 2007).

A absorção radicular de Mn é controlada metabolicamente pela planta, mas também ocorre absorção passiva principalmente quando ocorrem níveis muito elevados do elemento na solução. Encontrado como cátion divalente, o seu transporte pelo xilema ocorre facilmente. Por outro lado, sua mobilidade no floema é bastante limitada. Quando as folhas entram em senescência não há redistribuição deste elemento ou esta é ínfima (Dechen et al., 1991; Kirkby & Römheld, 2007).

Assim como ocorre com o Fe, os teores foliares para o Mn apresentam-se com frequência na casa de algumas centenas de mg.kg^{-1} . Em maracujazeiros, por exemplo, os teores adequados encontram-se entorno de 500 mg.kg^{-1} . Poucas são as espécies cuja exigência por Mn é da ordem de algumas dezenas de mg.kg^{-1} , como é o caso de algumas brassicáceas. (Malavolta et al., 1997; Martinez et al., 1999).

2.2.5. Zinco (Zn)

Apenas algumas enzimas contém Zn em sua constituição, mas são muitas as que o requeem como um ativador. Pode-se destacar a importância do Zn principalmente na formação proteínas, especialmente como constituinte da RNA polimerase; na síntese de carboidratos, onde integra a anidrase carbônica; e na desintoxicação de superóxidos, cujos efeitos negativos ante sua acumulação nas células são refletidos no metabolismo da auxina, e na integridade da membrana (Kirkby & Römheld, 2007).

O Zn é absorvido de forma ativa principalmente como Zn^{2+} , único estado em que se encontra nas plantas. Semelhantemente ao Cu, a redistribuição de Zn sofre influência do estado nutricional da planta. Quando bem supridas do elemento, o Cu apresenta boa mobilidade nas plantas, sendo translocado principalmente durante a senescência das folhas, mas em deficiência sua mobilidade é limitada. (Dechen et al., 1991; Kirkby & Römheld, 2007).

Na maioria das espécies os teor adequados de Zn nas folhas são da ordem de algumas dezenas de mg.kg^{-1} , dificilmente ultrapassando a casa dos 100 mg.kg^{-1} (Malavolta et al., 1997; Martinez et al., 1999).

2.3. Manejo da adubação com micronutrientes no abacaxizeiro

Devido à carência de informações que permitam a prescrição de micronutrientes para o abacaxizeiro, a adubação com estes elementos em plantios comerciais é praticada basicamente na filosofia de segurança e quando sintomas de deficiência são identificados.

2.3.1. Práticas recomendadas

As aplicações com micronutrientes no abacaxizeiro são realizadas tanto por via sólida no solo, quanto por via líquida com adubação foliar e no solo quando utilizado sulfato de cobre (solução de 1 a 2%). As doses normalmente recomendadas em outros países produtores são de 0,3 a 2 kg.ha⁻¹ de B, 1 a kg.ha⁻¹ de Cu e Fe, 1 a 2,5 kg.ha⁻¹ de Mn, e de 1 a 6 kg.ha⁻¹ para o Zn (Souza , 2007). B, Cu e Mn apresentam consumo de luxo quando prontamente disponíveis no solo ou via foliar, o que não é observado para Fe e Zn (Maleziéux & Bartholomew, 2003).

Para maior eficiência agronômica, as aplicações por via sólida devem ser realizadas no sulco de plantio junto com os demais fertilizantes na adubação de fundação. Podem ser utilizadas quaisquer fontes de micronutrientes, ácido, sais, quelatos, óxidos, ou fritas, desde que apropriadamente escolhidas em função das condições edafolclimáticas encontradas. A princípio, na região abacaxicultora da Paraíba não se justificaria a utilização de quelatos. Deve-se dar preferência àquelas fontes menos solúveis (Souza, 2007; Volkweiss, 1991). A utilização de fertilizantes de pouco valor agregado, que se apresentam na forma de pó, podem apresentar inconvenientes durante a aplicação por via sólida. Apesar disso, fertilizantes granulados podem ser encontrados para os micronutrientes individualmente, com exceção do Fe, ou combinados.

Há indícios de que a aplicação conjunta de sulfato de zinco e ácido bórico aumenta consideravelmente a absorção de boro. Quando da aplicação individual destes elementos, quelato de zinco (EDTA + ácido cítrico) adicionados sulfatos de ferro, manganês e magnésio em pequenas quantidades mostra-se mais eficiente em elevar os teores de Zn nas folhas D do que o sulfato de zinco isoladamente; quelato de B e ácido bórico por sua vez se equivalem (Maeda et al., 2011).

As adubações foliares devem ser realizadas durante a fase vegetativa para um aproveitamento mais eficiente dos nutrientes. Durante as aplicações deve-se evitar as horas mais quentes do dia, bem como o escurrimento excessivo e acúmulo das soluções nas axilas foliares, para que não ocorram “queimas” (Souza & Reinhardt, 2009).

Todos os micronutrientes são absorvidos pelas folhas do abacaxizeiro, mas é comumente observado a aplicação de B, Cu, Fe e Zn (Malazieux & Bartholomew, 2003). São recomendadas para adubação foliar aplicações com soluções de bórax a 0,3%, oxicloreto de cobre de 0,15 a 0,20% do produto comercial, sulfato ferroso de 1 a 3% quelatado com ácido cítrico, e sulfato de zinco a 1 % (Souza, 2007).

2.3.2. Níveis críticos

Os teores de nutrientes dependem da idade fisiológica e da parte da folha amostrada. Aumentam da base para o ápice da planta (das folhas velhas para as novas) e da base das folhas para a ponta. Para fins de padronização é tomada como folha diagnóstico do abacaxizeiro para avaliação de seu estado nutricional a folha 'D', por se tratar daquela mais nova dentre as fisiologicamente maduras e ser de fácil identificação, geralmente a maior entre as demais (Malazieux & Bartholomew, 2003).

Coletadas usualmente antes da indução floral, a parte da folha a ser analisada pode variar de acordo com a metodologia adotada na determinação dos níveis ou faixas de níveis críticos. Independente de se apenas parte ou se toda a folha é analisada, os níveis críticos para Fe e Mn apresentam-se em faixas de 100-200 e 50-200 mg.kg⁻¹ de matéria seca, respectivamente. Quando analisadas apenas a porção basal aclorofilada, as faixas adequadas para B, Cu, e Zn são: 30-40, 9-12, e 20-50 mg.kg⁻¹, respectivamente (Martinez et al., 1999). Em toda a porção clorofilada: 20-40, 5-10, e 5-15 mg.kg⁻¹ para B, Cu, e Zn, respectivamente (Bataglia & Santos, 2001). Para a folha inteira foram estabelecidos níveis ao invés de faixas para B, Cu, e Zn a saber: 30, 8, e 10 mg.kg⁻¹, respectivamente (Dalldorf & Lengenegger, 1978, apud Malazieux & Bartholomew, 2003).

Apesar de serem estabelecidos valores dependentes da parte da folha a ser analisadas, para Malavolta et al. (1997) não há diferença entre a folha inteira e a porção basal aclorofilada, tendo sido estabelecidas por este autor as seguintes faixas: 30-40, 9-12, e 10-15 mg.kg⁻¹ para B, Cu, e Zn, respectivamente.

2.3.3. Respostas do abacaxizeiro

No abacaxizeiro 'Smooth Cayenne' adubações foliares com ácido bórico sobre mudas micropropagadas não apresentaram efeito significativo em seu crescimento (Coelho et al., 2007). No entanto a aplicação via solo de solução completa com micronutrientes acelerou

consideravelmente o desenvolvimento de mudas micropropagadas do abacaxizeiro ‘Pérola’ (Silva Neto & Siebeneichler, 2012).

Quando cultivado em solo com níveis baixos de B e Zn, dos micronutrientes os que mais afetam as produtividades agrícolas, o abacaxizeiro ‘Smooth Cayenne’ apresentou teores foliares adequados destes elementos e foi capaz de produzir satisfatoriamente. Pequenas doses de B e Zn combinadas não tiveram efeito sobre a sua produtividade (Maeda et al., 2011), tampouco pulverizações mensais com bórax antes e após indução floral no ‘Pérola’ (Siebeneichler et al., 2008). Por outro lado, foram obtidos aumentos na produtividade entorno de 10 t/ha mediante adubações foliares contendo B, Cu, Fe e Zn. Vale ressaltar que apenas para o teor de Cu nas folhas ‘D’ foi observado efeito significativo dos tratamentos (Verawudh, 1993).

De fato, para que a produtividade do abacaxizeiro seja aumentada são necessárias doses relativamente altas de micronutrientes e em que estejam presentes, normalmente, a maioria dos micronutrientes essenciais. Doses crescentes de fritas (FTE 12, com: B - 1,8; Cu - 0,8; Fe - 3,0; Mn - 3,0; e Zn - 9,0%), de 0 a 180 kg.ha⁻¹, combinadas com quatro níveis (sem adubação, uma vez, duas vezes, e três vezes a dose básica) de adubação foliar contendo B (máx.: 0,3 kg.ha⁻¹), Cu (máx.: 0,45 kg.ha⁻¹), Fe (máx.: 1,6 kg.ha⁻¹), Mn (máx.: 1,2 kg.ha⁻¹) e Zn (máx.: 0,55 kg.ha⁻¹), proporcionaram ótima resposta apresentada pelo abacaxizeiro ‘Vitória’ durante fase inicial de seu crescimento vegetativo sem que fosse atingido o ponto de crescimento máximo (Feitosa et al., 2011). Resultados semelhantes com relação ao crescimento dos frutos foram observados num experimento similar com mesmas doses de fritas e o dobro das doses foliares, indicando que melhores resultados seriam possivelmente atingidos com doses maiores (Amorim et al., 2011); e evidenciando a capacidade de resposta do abacaxizeiro à adubação com micronutrientes.

3. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido entre maio de 2014 e maio de 2016, em condições de sequeiro na Fazenda Quandú, que dista cerca de 12 km da sede do município de Itapororoca, região de Tabuleiros Costeiros do estado da Paraíba. Na região, de acordo com a classificação de Köppen, predomina o clima do tipo As' (quente e úmido), com chuvas de outono-inverno e cerca de 5 a 6 meses de estiagem, temperatura média entre 22 e 26 °C e precipitação pluviométrica de 1.500 mm anuais (CPMR, 2005). Na figura 1 são apresentados os dados de precipitação pluviométrica durante a condução do experimento.

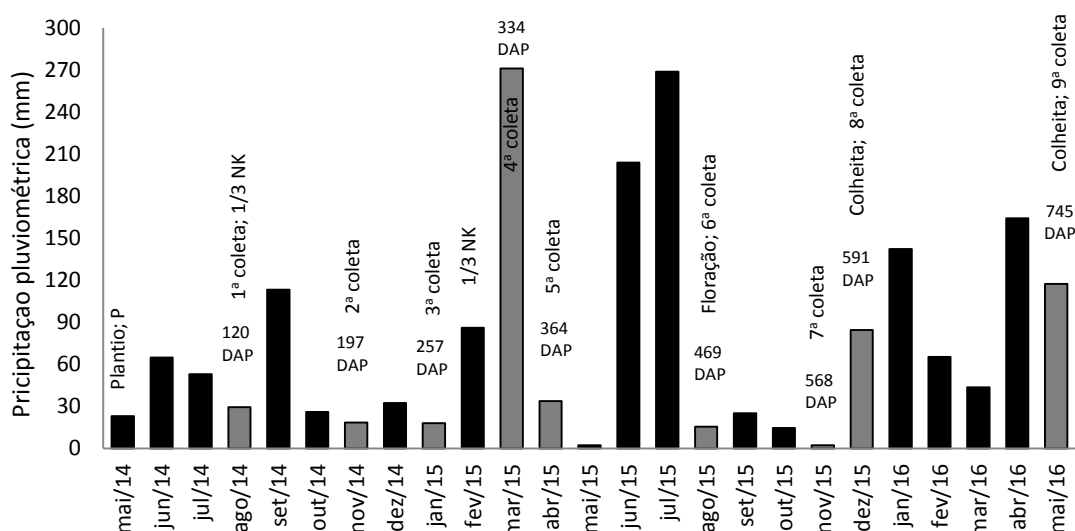


Figura 1. Precipitação pluviométrica (mm) durante a condução do experimento, no município de Itapororoca-PB, 2014-2016. Fonte: AESA

O solo da área experimental está classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo (EMBRAPA, 2006) de textura arenosa e com baixos teores de matéria orgânica. Antes do plantio foi feita a caracterização química (Tedesco et al., 1995) e física (EMBRAPA, 1997) do solo, nas camadas de 0 – 20 e 20 – 40 cm, cujos resultados encontram-se apresentados na Tabela 1.

O experimento foi conduzido em delineamento experimental de blocos casualizados, os tratamentos com parcelas subdivididas no tempo e três repetições. Cada bloco foi constituído por sete fileiras duplas de 152 plantas cada. Foi avaliado o efeito de 9 épocas de coleta (120, 197, 257, 334, 364, 469, 568, 591 e 745 dias após o plantio – DAP) sobre o crescimento e acúmulo de micronutrientes pela planta e seus compartimentos (raízes; caule; folhas A, B, e C; folhas D; folhas E e F; pedúnculo; mudas; e inflorescência/infrutescência).

TABELA 1 – Resultados da análise química do solo nas profundidades de 0 – 20 cm e 20 – 40 cm, e da análise física de granulometria de 0 – 20 cm.

ATRIBUTOS QUÍMICOS	RESULTADOS	
	Profundidade	
	0-20	20-40
pH em H ₂ O	5,60 Md ⁽¹⁾	5,68 Md ⁽¹⁾
P (mg/dm ³)	30,6 A ⁽¹⁾	28,8 A ⁽¹⁾
K (mg/dm ³)	396 A ⁽¹⁾	265 A ⁽¹⁾
Ca ²⁺ (cmol _c /dm ³)	1,18 Md ⁽²⁾	0,82 Bx ⁽²⁾
Mg ²⁺ (cmol _c /dm ³)	0,73 Md ⁽²⁾	0,48 Md ⁽²⁾
Al ³⁺ (cmol _c /dm ³)	0,00 B ⁽¹⁾	0,00 B ⁽¹⁾
H + Al (cmol _c /dm ³)	2,50 Bx ⁽²⁾	2,10 Bx ⁽²⁾
SB (cmol _c /dm ³)	2,93 Md ⁽²⁾	1,98 Bx ⁽²⁾
CTC Efetiva (cmol _c /dm ³)	2,93 B ⁽¹⁾	1,98 B ⁽¹⁾
CTC a pH 7,0 (cmol _c /dm ³)	5,43 Md ⁽²⁾	4,08 Bx ⁽²⁾
V (%)	54,0 Md ⁽¹⁾	48,5 B ⁽¹⁾
MO (dag/kg)	1,52 Md ⁽¹⁾	1,27 B ⁽¹⁾
S (mg/dm ³)	14,2 Md ⁽²⁾	13,1 Md ⁽²⁾
B [#] (mg/dm ³)	0,60 Md ⁽²⁾	0,63 Bm ⁽²⁾
Cu* (mg/dm ³)	0,10 B ⁽¹⁾	0,10 B ⁽¹⁾
Fe* (mg/dm ³)	15,1 B ⁽¹⁾	23,7 Md ⁽¹⁾
Mn* (mg/dm ³)	10,7 Md ⁽¹⁾	7,20 Md ⁽¹⁾
Zn* (mg/dm ³)	1,91 Md ⁽¹⁾	2,07 A ⁽¹⁾
ATRIBUTOS FÍSICOS	RESULTADOS	
Densidade (g/cm ³)	1,38	
Areia (dag/kg)	84,9	
Silte (dag/kg)	8,80	
Argila (dag/kg)	6,30	
Classe Textural	Areia Franca	

⁽¹⁾: B = Baixo; M = Médio; e A = Alto. Fonte: Siqueira (2007).

⁽²⁾: MBx = muito baixo; Bx = baixo; Md = médio; Bm = bom; MBm = muito bom. Fonte: Ribeiro et al. (1999).

[#]: extraído em água quente. *: extraído com Mehlich-1.

A área do experimento foi cultivada com o abacaxizeiro ao longo da última década sem rotação de culturas num sistema de manejo em que ao final de cada ciclo parte dos restos culturais destina-se ao pastejo bovino e o restante é incorporado ao solo no plantio seguinte. O plantio foi realizado após as operações de preparo do solo (gradagem cruzada e incorporação dos restos culturais do ciclo anterior). Foram utilizadas mudas tipo filhote, previamente selecionadas, padronizadas quanto ao peso e tamanho e tratadas quimicamente

com Parathion metílico a 0,1% do princípio ativo (Oliveira et al., 2002). As mudas foram plantadas no sistema de fileiras duplas, no espaçamento de $0,90 \times 0,35 \text{ m} \times 0,35 \text{ m}$, resultando numa densidade teórica de 45.714 plantas/ha.

As plantas receberam adubação mineral a base de NPK nas seguintes doses: 555 kg/ha de N e K_2O e 135 kg/ha de P_2O_5 . A dose de P_2O_5 foi aplicada no fundo do sulco por ocasião do plantio das mudas. As doses de N e K_2O foram parceladas equitativamente aos quatro, dez e dezoito meses após o plantio das mudas. As plantas não foram adubadas com micronutrientes.

Foram utilizadas as seguintes fontes de nutrientes: N – uréia com 45% de N; P_2O_5 – superfosfato simples com 18% de P_2O_5 , 16% de Ca e 8% de S; K_2O – cloreto de potássio com 60 % de K_2O .

Os tratos culturais (controle de plantas daninhas e controle preventivo de pragas e doenças) foram realizados conforme as recomendações para o sistema de produção local (Oliveira et al., 2002). Não foi necessária a realização da indução floral. Maioria das plantas emitiriam a inflorescência naturalmente e de forma uniforme aos 469 DAP.

Quanto a amostragem de dados, em cada coleta foram selecionadas três plantas (uma planta/bloco). Após coletadas, as plantas inteiras e suas respectivas partes morfológicas foram pesadas. Das partes morfológicas foram obtidas amostras para quantificação da umidade e dos teores de micronutrientes.

Em laboratório, as amostras passaram por tríplex lavagem (água, água + detergente neutro a 0,05%, e água destilada), sendo em seguida secas em estufa de circulação forçada (a 65 °C) até peso constante, e moídas em moinho tipo Wiley com peneira de 1,0 mm de malha.

Das referidas amostras foram retiradas sub-amostras para determinação dos teores de B, Cu, Fe, Mn e Zn em extrato de digestão por via úmida com mistura nitro-perclórica na proporção de 3:1 (HNO_3 65% p.a. + HClO_4 72% p.a.), onde 500 mg de cada sub-amostra foram transferidos para tubos digestores de 80 ml, receberam 8 ml da mistura ácida e foram mantidos a frio por 3 a 4 horas até que pudessem ser levados ao bloco digestor. Uma vez no bloco digestor, este foi aquecido lentamente até que atingisse 120 °C e mantido nesta temperatura até que cessasse o desprendimento de NO_2 . Em seguida a temperatura foi elevada até 200 °C e mantida assim até que cessasse o desprendimento de HClO_4 . (EMBRAPA, 2009).

A partir dos extratos de digestão, os teores de Cu, Fe, Mn, e Zn foram determinados por espectrofotometria de absorção atômica. Por sua vez, os teores de B foram determinados por espectrofotometria com azometina-H, onde o B reage com azometina-H.

O acúmulo dos micronutrientes foi obtido multiplicando-se o teor (mg.kg^{-1}) de cada nutriente avaliado pela massa de matéria seca (kg) de cada parte morfológica, sendo o acúmulo total da planta igual ao somatório do acumulado nas partes individualmente para cada época de coleta.

Os dados foram submetidos às análises de variância e de regressão utilizando-se o programa estatístico SISVAR@ (Ferreira, 2011), sendo a escolha dos modelos feita com base no ajuste das linhas de tendência e nível de significância de até 5%, levando-se em consideração o fenômeno biológico.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Crescimento vegetativo

O crescimento do abacaxizeiro apresentou incremento percentual de 93% na produção de matéria seca no período entre 120 e 197 dias após o plantio (DAP). A partir de 197 DAP os incrementos entre as coletas diminuiram, embora tenha sido observado que o acúmulo de matéria seca ocorreu de forma mais intensa.

De forma geral, foram observados dois períodos de intenso acúmulo de matéria seca: o primeiro de 197 a 334 DAP, e o segundo de 469 a 591 DAP (Figura 2). Nestes intervalos foram observadas taxas de acúmulo por planta acima de 2 g.dia⁻¹, especialmente durante a fase final de desenvolvimento dos frutos, com taxa de 3,98 g.planta⁻¹.dia⁻¹.

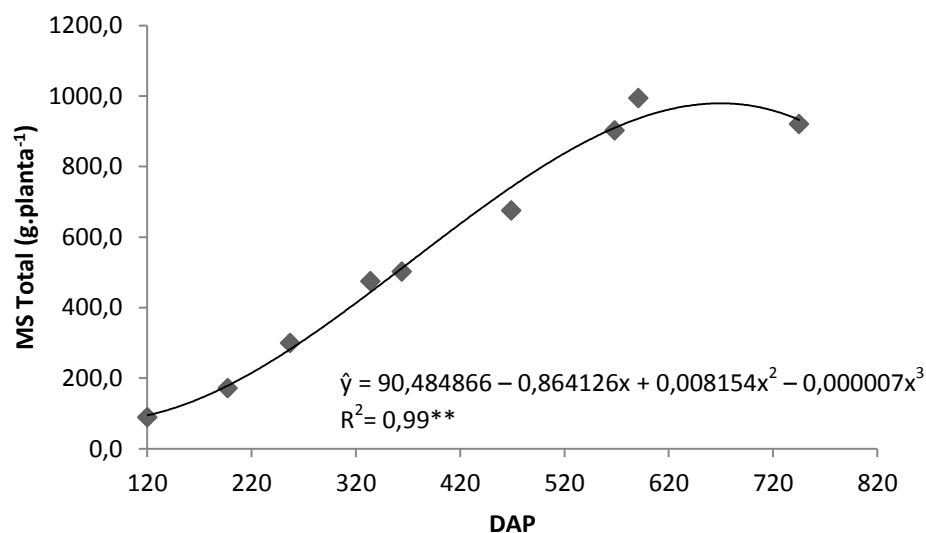


Figura 2. Acúmulo de matéria seca pela planta do abacaxizeiro 'Pérola'. **: significativo a 1%.

Ao comparar o crescimento do abacaxizeiro 'Pérola' observado neste trabalho com o constatado por Rodrigues (2005) nas condições edafoclimáticas de Santa Rita – PB e em cultivo de elevado nível tecnológico, verifica-se que o crescimento do abacaxizeiro foi menor nas condições do presente trabalho. Aos 364 DAP a matéria seca de raízes foi de 51,6 g, e portanto, inferior aos 80 g obtidos por Rodrigues (2005). Neste mesmo período foram observados, respectivamente, valores de 66,3 e 92,6 g para o caule e as folhas D, os quais se mostram também inferiores aos 85 e 171g estimados por Rodrigues (2005), respectivamente.

A fase reprodutiva do abacaxizeiro início-se aos 469 DAP, com a emissão natural de inflorescência, em que as plantas apresentaram, em média, 675,1g de matéria seca. A partir de

então o crescimento da planta foi direcionado para as partes morfológicas a serem formadas (pedúnculo, mudas e infrutescência). Com base na figura 3, observa-se redução na matéria seca das folhas a partir da senescência daquelas mais velhas sem que houvesse formação de novas folhas jovens. É possível observar ainda redução na matéria seca do caule, o que pode ser explicado pelo desenvolvimento das partes morfológicas reprodutivas às custas de suas reservas e translocação das mesmas para o fruto (figura 3).

No momento da colheita dos frutos, aos 591 DAP, estes representaram o compartimento de maior acúmulo de matéria seca, o que até então ocorria para as folhas ABC. Os frutos representaram, em média, 28% da matéria seca total das plantas, e nas fases finais de desenvolvimento e de maturação, de 568 DAP aos 591 DAP, exibiram taxa de acúmulo de matéria seca de $5,6 \text{ g.planta}^{-1}.\text{dia}^{-1}$. Valor consideravelmente superior aos $4 \text{ g.planta}^{-1}.\text{dia}^{-1}$ apresentados pela planta, indicando, assim, sua forte atuação como um dreno.

O acúmulo de matéria seca total das plantas no momento da colheita dos frutos (aos 591 DAP) foi de $993,9 \text{ g.planta}^{-1}$. Souza et al. (2007) estudando o crescimento do abacaxizeiro 'Pérola', em Tabuleiros Costeiros de Santa Rita – PB obteve aos 448 DAP $831,8 \text{ g}$ de matéria seca total das plantas sem as raízes. Tais diferenças de porte das plantas podem ter se refletido no acúmulo de matéria seca dos frutos, sendo observados $279,9 \text{ g}$ no presente estudo, e $228,6 \text{ g}$ no trabalho de Souza et al. (2007).

Após a colheita dos frutos, as mudas, cujo crescimento encontrava-se relativamente estabilizado na fase final de desenvolvimento e maturação dos frutos passaram a apresentar pleno desenvolvimento. Até então as mudas haviam acumulado apenas $140,2 \text{ g}$ em 122 dias, mostrando-se superiores aos $128,0 \text{ g}$ observados por Souza et al. (2007). Entre 591 DAP até o momento da colheita (aos 745 DAP) os valores de matéria seca das mudas tiveram aumento de 187%, apresentando $402,0 \text{ g}$, o que correspondem a 44% da matéria seca total das plantas.

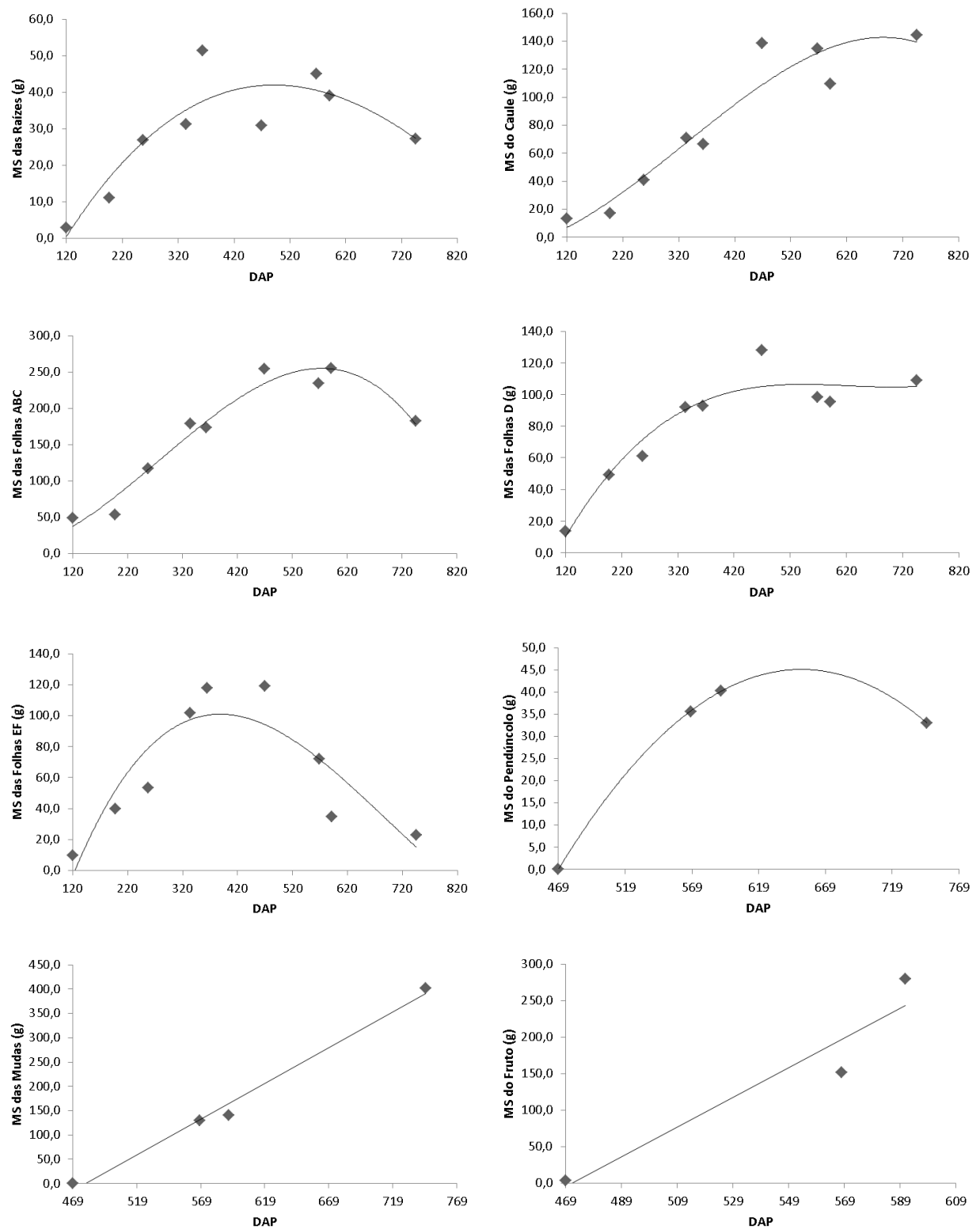


Figura 3. Acúmulo de matéria seca nas diferentes partes morfológicas do abacaxizeiro 'Pérola'.

Tabela 2. Estimativa dos parâmetros do modelo de regressão ajustado para os acúmulos de matéria seca e micronutrientes pelo abacaxizeiro ‘Pérola’ em suas partes morfológicas.

Partes morfológicas	Equação	R ²
Matéria Seca		
Raízes	$\hat{y} = -27,934826 + 0,279467x - 0,000277x^2$	0,79**
Caule	$\hat{y} = -8,873095 + 0,041133x + 0,000848x^2 - 0,000001x^3$	0,92 ^{ns}
Folhas ABC	$\hat{y} = 4,647672 + 0,062832x + 0,002064x^2 - 0,000002x^3$	0,96**
Folhas D	$\hat{y} = -81,406020 + 0,932972x - 0,001525x^2 + 0,000001x^3$	0,91*
Folhas EF	$\hat{y} = -139,603054 + 1,424941x - 0,002554x^2 + 0,000001x^3$	0,78*
Pedúnculo	$\hat{y} = -531,844018 + 1,772396x - 0,001361x^2$	0,99**
Mudas	$\hat{y} = -702,653506 + 1,467791x$	0,99**
Fruto	$\hat{y} = -958,616349 + 2,034010x$	0,91**
Boro		
Raízes	$\hat{y} = 0,293320 - 0,002921x + 0,000014x^2 - 0,0000001x^3$	0,94*
Caule	$\hat{y} = 2,008916 - 0,020809x + 0,000071x^2 - 0,0000001x^3$	0,91**
Folhas ABC	$\hat{y} = 7,258316 - 0,066643x + 0,000256x^2 - 0,0000001x^3$	0,80**
Folhas D	$\hat{y} = -1,465383 + 0,018759x - 0,000018x^2$	0,54 ^{ns}
Folhas EF	$\hat{y} = -2,307048 + 0,024505x - 0,000028x^2$	0,61**
Pedúnculo	$\hat{y} = -20,011418 + 0,068133x - 0,000054x^2$	0,93**
Mudas	$\hat{y} = -14,536685 + 0,032375x$	0,96**
Fruto	$\hat{y} = -18,450045 + 0,039921x$	0,99**
Cobre		
Raízes	$\hat{y} = -0,104784 + 0,001118x - 0,000001x^2$	0,59**
Caule	$\hat{y} = 0,060060 - 0,000618x + 0,000005x^2 - 0,0000001x^3$	0,90*
Folhas ABC	$\hat{y} = -0,091547 + 0,001850x - 0,000002x^2$	0,76**
Folhas D	$\hat{y} = -0,220153 + 0,002686x - 0,000005x^2 + 0,0000001x^3$	0,89*
Folhas EF	$\hat{y} = -0,546030 + 0,005746x - 0,000012x^2 + 0,0000001x^3$	0,80**
Pedúnculo	$\hat{y} = -0,812047 + 0,002713x - 0,000002x^2$	0,97**
Mudas	$\hat{y} = -1,060618 + 0,002351x$	0,98**
Fruto	$\hat{y} = -1,666972 + 0,003594x$	0,99**

Continua...

Tabela 2. Continuação.

Partes morfológicas	Equação	R²
-----Ferro-----		
Raízes	$\hat{y} = -17,766545 + 0,196632x - 0,000211x^2$	0,62**
Caule	$\hat{y} = -5,179566 + 0,080530x - 0,000192x^2 + 0,0000001x^3$	0,83**
Folhas ABC	$\hat{y} = -11,137442 + 0,186928x - 0,000413x^2 + 0,0000001x^3$	0,95*
Folhas D	$\hat{y} = -9,320918 + 0,121795x - 0,000341x^2 + 0,0000001x^3$	0,98**
Folhas EF	$\hat{y} = -10,354049 + 0,119436x - 0,000311x^2 + 0,000000x^3$	0,83**
Pedúnculo	$\hat{y} = -23,225715 + 0,072726x - 0,000049x^2$	0,99**
Mudas	$\hat{y} = -69,257555 + 0,141780x$	0,97**
Fruto	$\hat{y} = -545,792919 + 2,056201x - 0,001902x^2$	0,99*
-----Manganês-----		
Raízes	$\hat{y} = -1,387515 + 0,015083x - 0,000016x^2$	0,73**
Caule	$\hat{y} = -1,908453 + 0,023465x - 0,000044x^2 + 0,0000001x^3$	0,88 ^{ns}
Folhas ABC	$\hat{y} = -8,745134 + 0,126840x - 0,000134x^2$	0,98**
Folhas D	$\hat{y} = -8,908829 + 0,102680x - 0,000179x^2 + 0,0000001x^3$	0,98 ^{ns}
Folhas EF	$\hat{y} = -10,511428 + 0,096489x - 0,000104x^2$	0,76**
Pedúnculo	$\hat{y} = -12,265156 + 0,040513x - 0,000031x^2$	0,94**
Mudas	$\hat{y} = -42,986685 + 0,087788x$	0,96**
Fruto	$\hat{y} = -19,641312 + 0,046225x$	0,92**
-----Zinco-----		
Raízes	$\hat{y} = -0,102647 + 0,000982x + 0,000003x^2 - 0,0000001x^3$	0,83*
Caule	$\hat{y} = -0,500525 + 0,007289x - 0,000013x^2 + 0,0000001x^3$	0,80 ^{ns}
Folhas ABC	$\hat{y} = 1,939471 - 0,022153x + 0,000087x^2 - 0,0000001x^3$	0,98**
Folhas D	$\hat{y} = -0,456709 + 0,004900x - 0,000003x^2$	0,97*
Folhas EF	$\hat{y} = -1,025796 + 0,009702x - 0,000011x^2$	0,72**
Pedúnculo	$\hat{y} = -2,712967 + 0,009097x - 0,000007x^2$	0,99**
Mudas	$\hat{y} = -4,931744 + 0,010721x$	0,99**
Fruto	$\hat{y} = -6,403831 + 0,014231x$	0,99**

**, *: significativo a: 1 e 5%, respectivamente. ^{ns}: não significativo.

4.2. Marcha de absorção de micronutrientes

4.2.1. Boro (B)

Analisando-se a figura 4 observa-se acúmulo crescente de B durante a fase vegetativa, seguido de uma redução no acúmulo entre 334 e 364 DAP, o que se deve a morte das folhas mais velhas (as que mais acumulavam maior parte do B) sem que houvesse o reestabelecimento do balanço positivo de B na planta, devido à baixa demanda pelo elemento neste período. Em outras palavras a taxa de acúmulo negativa foi maior que a taxa de absorção em termos de grandeza.

O período de maior acúmulo de B ocorreu durante o terço final da fase vegetativa, entre 334 e 469 DAP, imediatamente antes da emissão da inflorescência. Neste período foi acumulado 15,4 mg.planta⁻¹ a uma taxa de 1,47 mg.planta⁻¹.dia⁻¹. Nos demais períodos as taxas de acúmulo foram inferiores a 1 mg.planta⁻¹.dia⁻¹, o que totaliza ao final da fase vegetativa um cúmulo total de 25,6 mg.planta⁻¹.

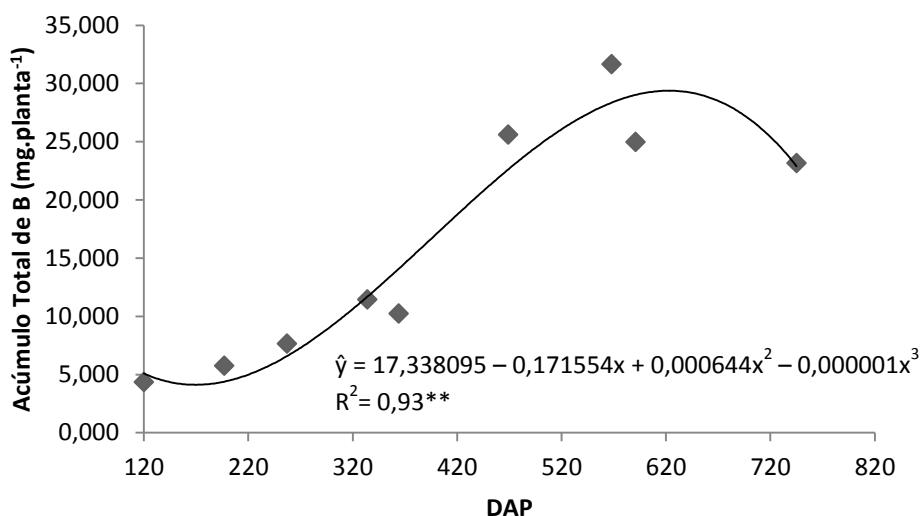


Figura 4. Acúmulo de Boro pela planta do abacaxizeiro 'Pérola'. **: significativo a 1%.

Aos 591 DAP, na época de colheita dos frutos, o acúmulo de B foi de 25,96 mg.planta⁻¹, em que o fruto apresentou 20% da quantidade acumulada, que representa 1.141 g/ha de B e exportação pelos frutos de 222,7 g/ha. Por outro lado, o valor máximo acumulado de B foi observado aos 568 DAP, com 1.446 g/ha, compartimentalizados em sua maior parte pelas folhas ABC (36%). A estimativa de exportação de B pelos frutos do abacaxizeiro 'Pérola' encontrada neste trabalho é maior do que a relatada por Amaral (2011).

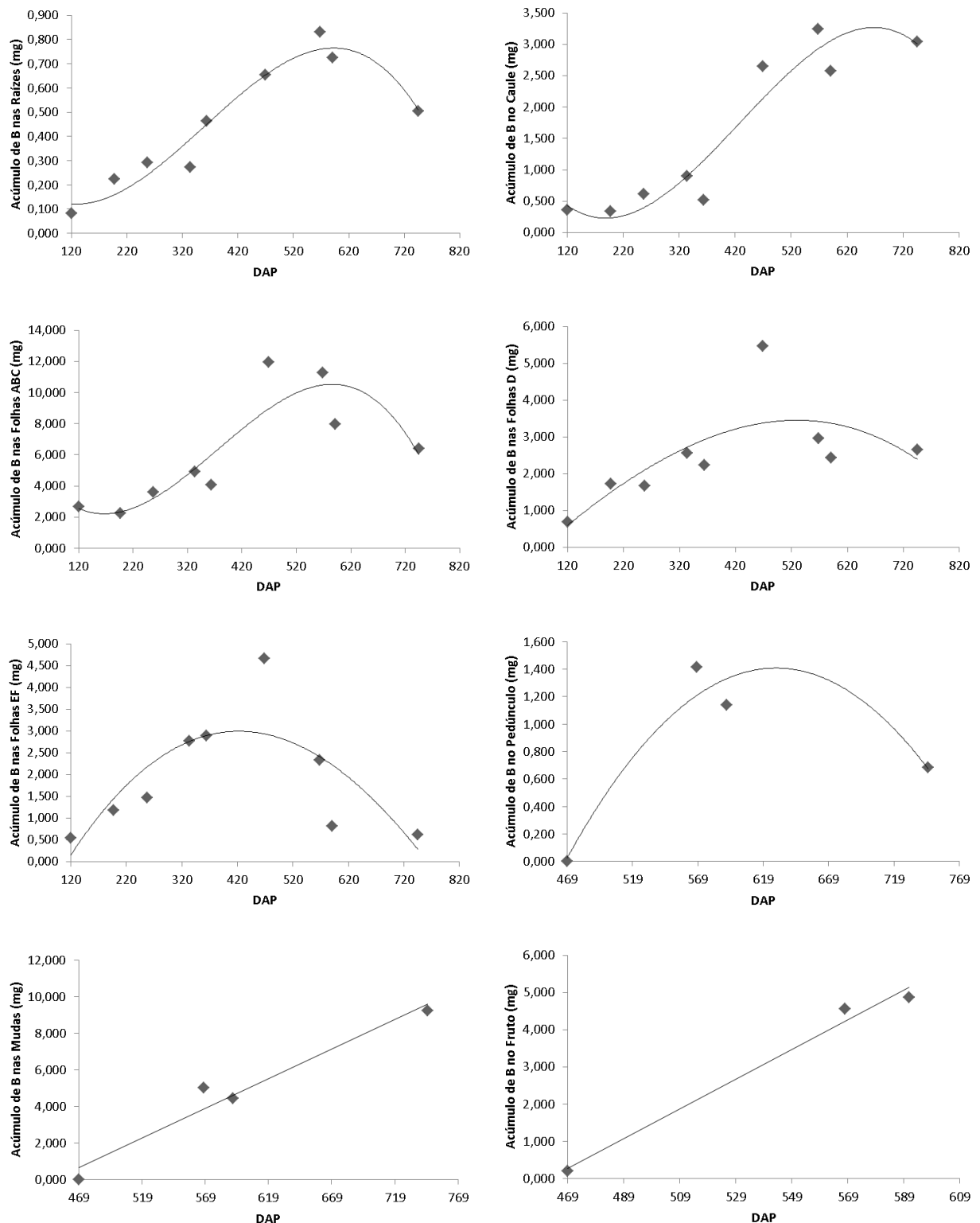


Figura 5. Acúmulo de Boro nas diferentes partes morfológicas do abacaxizeiro ‘Pérola’.

Na época de colheita das mudas o acúmulo total de B foi de $23,14 \text{ mg.planta}^{-1}$, correspondente a 1058 g/ha com 40% deste montante presente nas mudas, o equivalente a $422,5 \text{ g/ha}$ exportado por elas. Estes valores observados para o acúmulo de B pelo

abacaxizeiro ‘Pérola’ são muito superiores aos apontados por Souza & Reinhardt (2009) a partir de dados compilados, citando Paula et al. (1985) e Hiroce et al. (1977), em que a extração de B apresenta amplitude das estimativas de 267 a 311 g/ha feitas a partir de plantios em densidade de 50.000 plantas/ha com os abacaxizeiros ‘Pérola’ e ‘Smooth Cayenne’.

A partição do B acumulado pelas plantas foi de 3% nas raízes, 10% no caule, 32% nas folhas ABC, 10% nas folhas D, 3% nas folhas EF, 5% no pedúnculo, 18% nas mudas, e 20% no fruto. Por sua vez, aos 745 DAP foram observados acúmulos relativos percentuais na mesma ordem para as partes morfológicas com pequenas variações, à exceção das mudas que apresentaram acúmulo de 40%.

4.2.2. Cobre (Cu)

Foram identificados períodos de intenso acúmulo de Cu concomitantes ao de maior crescimento da planta, durante a parte intermediária da fase vegetativa, e principalmente durante o período de formação dos frutos (figura 6). A taxa de acúmulo de cobre no período de formação dos frutos (de 469 a 591 DAP) foi de 0,0091 mg.planta⁻¹.dia⁻¹. Semelhante ao observado por Souza (2012), em que a maior demanda por Cu pelo abacaxizeiro ‘Vitória’ se deu durante o período de desenvolvimento dos frutos.

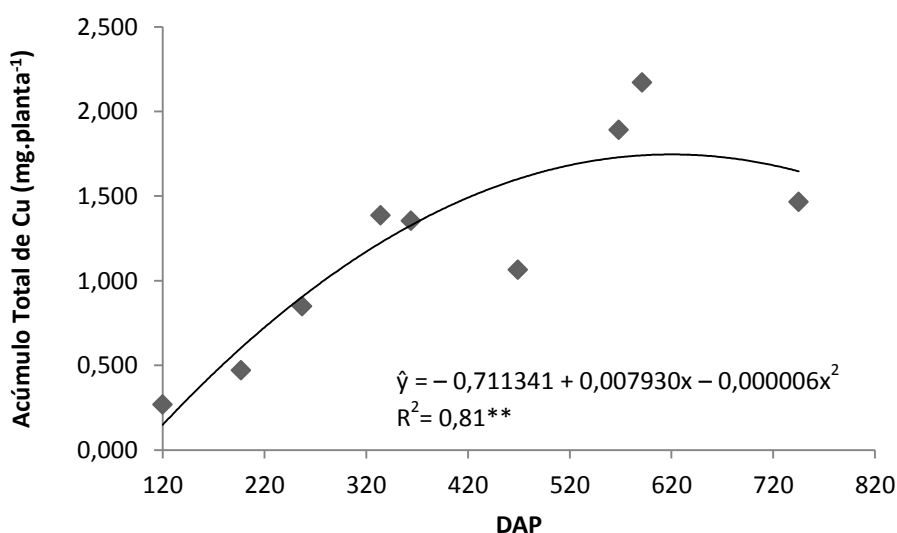


Figura 6. Acúmulo de Cu pela planta do abacaxizeiro ‘Pérola’. **: significativo a 1%.

Como é possível observa na figura 6, correram dois períodos seguidos em que houve redução no acúmulo de total de Cu, e que, assim como para o B, se deve a morte das folhas mais velhas num momento em que provavelmente a absorção do elemento foi relativamente

baixa, não sendo o suficiente para reestabelecer o balanço positivo no acúmulo total pela planta.

O Cu é relatado por diversos autores como o menos exigido pela cultura. A quantidade máxima de Cu acumulada pelo abacaxizeiro ‘Pérola’ foi observada na época de colheita dos frutos aos 591 DAP. Em média, $2,17 \text{ mg.planta}^{-1}$ foram acumulados, com 21% destes contidos nos frutos, o que corresponde ao acúmulo de 99 g/ha e exportação de 21,2 g/ha. Embora equiparáveis em proporcionalidade, a exportação de micronutrientes pelos frutos varia muito. Enquanto Souza (2012) estudando a absorção de nutrientes pelo abacaxizeiro ‘Vitória’ irrigado observou exportação de 155,2 g/ha de Cu (21%), Souza et al. (2014) obteve estimativa de apenas 1,16 g/ha com o ‘Pérola’ numa situação em que o acúmulo máximo foi de 326,4 g/ha, assim como Amaral (2011) com 1,8 g/ha exportados e acúmulo total em torno de 100 g/ha.

Na colheita das mudas o acúmulo de Cu foi de 67 g/ha, com exportação de 30 g/ha. Este acúmulo foi menor que as estimativas compiladas por Souza & Reinhardt (2009), com amplitude de 169 a 197 g/ha. E encontram-se abaixo também daquelas encontrados na literatura internacional apresentadas por Malézieux & Bartholomew (2003), citando Wayman et al. (1976) e Ingamells (1981), que são de 300 e 900 g/ha feitas a partir de restos culturais de 30 t/ha.

Souza (2012) por sua vez observou ao final do ciclo acúmulo de 861 g/ha, e frisa que a absorção e o acúmulo de nutrientes podem variar em virtude das condições edafoclimáticas, manejo da cultura e característica da cultivar. Aos 591 DAP a partição de Cu nas plantas foi de 11% nas raízes, 18% no caule e folhas ABC igualmente, 9% nas folhas D, 3% nas folhas EF e pedúnculo igualmente, 17% nas mudas, e 21% no fruto. E aos 745 DAP, assim como observado para B as partes mantiveram as mesmas proporcionalidades no acúmulo relativo com pouca variação em relação a 591 DAP, à exceção das mudas que passaram a apresentar 45% do acúmulo total de Cu.

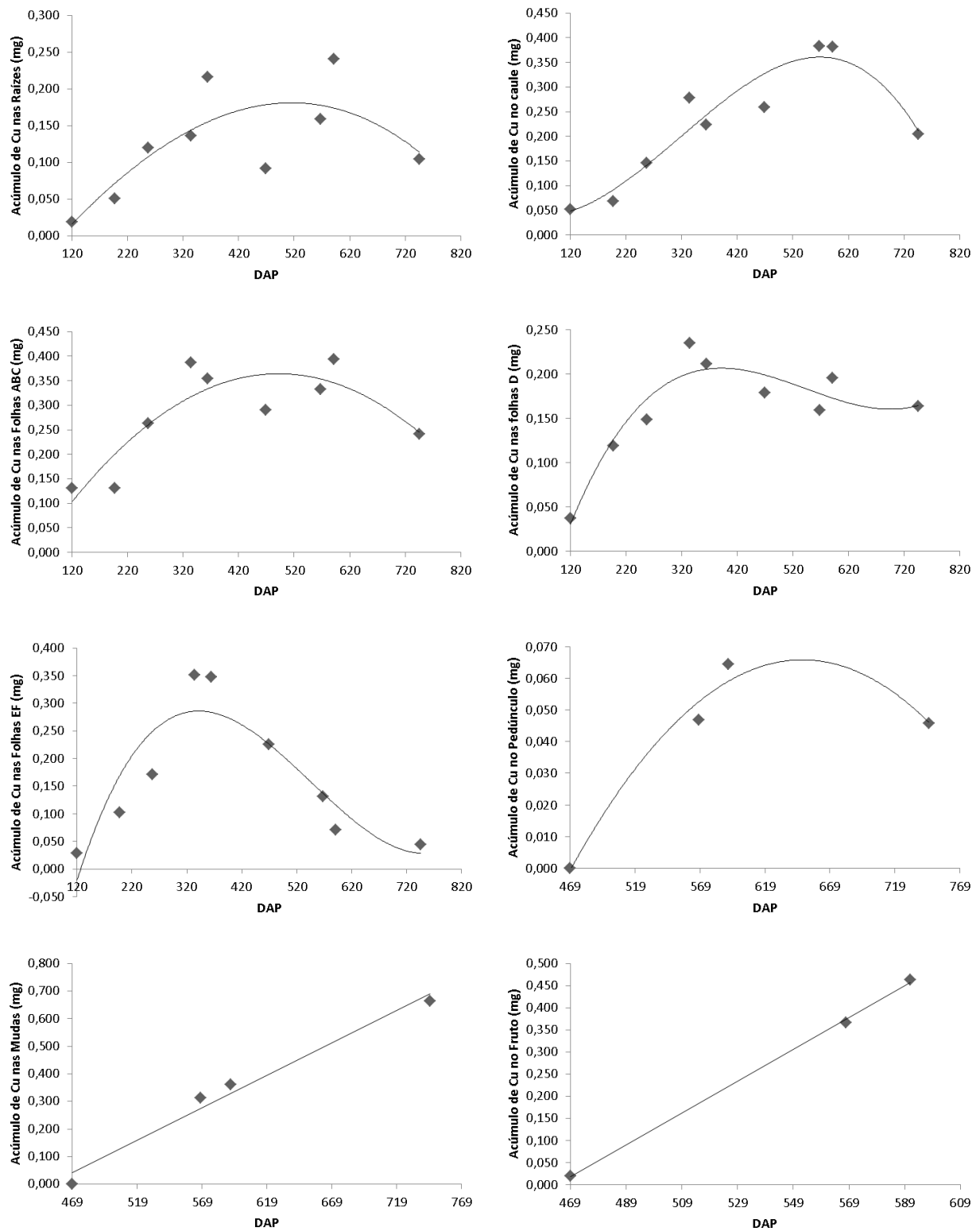


Figura 7. Acúmulo de Cu nas diferentes partes morfológicas do abacaxizeiro 'Pérola'.

4.2.3. Ferro (Fe)

Na discussão que se segue será feita distinção entre o acúmulo de Fe na parte aérea e planta inteira devido à distribuição anormal dos teores de Fe no sistema radicular, que, apesar de representar menos de 5% da matéria seca das plantas, por vezes acumulou maior parte do ferro total da planta ao contrário do observado por Souza (2012) e Souza et al. (2014). De modo geral o Fe foi exigido durante todo o ciclo, considerando a planta inteira (figura 8) ou apenas a parte aérea.

Foram observados dois períodos de intenso acúmulo de Fe: durante a fase intermediária do crescimento vegetativo, e principalmente durante a fase reprodutiva com destaque para a fase de ceva das mudas, onde foi taxa média de acúmulo maior que todos os outros períodos.

Entre 197 e 257 DAP a taxa de acúmulo de Fe foi de $0,219 \text{ mg.planta}^{-1}.\text{dia}^{-1}$ na parte aérea. Nos demais períodos subsequentes da fase vegetativa as taxas de acúmulo foram pelo menos cerca de 7x menores. Durante a fase reprodutiva até a colheita dos frutos, entre 469 e 591 DAP, a taxa de acúmulo médio foi de $0,197 \text{ mg.planta}^{-1}.\text{dia}^{-1}$; e durante o período de ceva das mudas foi de $0,386 \text{ mg.planta}^{-1}.\text{dia}^{-1}$.

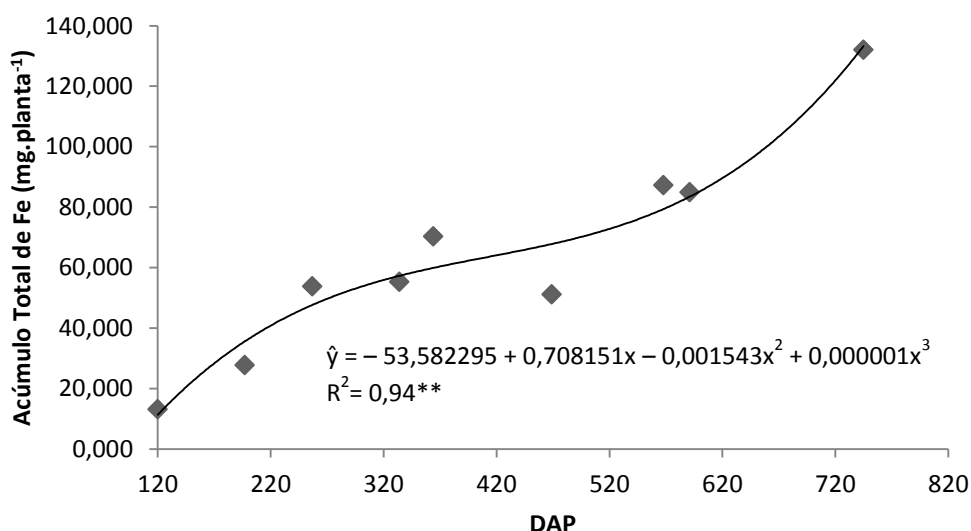


Figura 8. Acúmulo de Fe pela planta do abacaxizeiro 'Pérola'. **: significativo a 1%.

Na época da colheita dos frutos o acúmulo de Fe pelas plantas atingiu $60,274 \text{ mg.planta}^{-1}$ na parte aérea e $80,969 \text{ mg.planta}^{-1}$ na planta inteira. O acúmulo de Fe pela parte aérea das plantas foi de 2.776 g/ha a essa altura do ciclo. O exportado pelos frutos foi em

torno de 7-8% do total acumulado, semelhantemente aos 12% relatados por Souza (2012), embora suas estimativas estejam fora da normalidade como comentado mais adiante.

O acúmulo máximo de Fe foi obtido ao final do ciclo, da mesma forma que o observado por Souza et al. (2014). Na época de colheita das mudas foi observado o acúmulo de 5.494 g/ha na parte aérea e 6.038g/ha na planta inteira. Resultados extremamente inferiores ao apresentado por Souza (2012), que foi de 42.104 g/ha. Por outro lado são coerentes com as estimativas compiladas por Souza & Reinhardt (2009) e por Malézieux & Brtholomew (2003), cuja amplitude de valores é de 4.000 a 12.000 g/ha; e coerentes também com o valor obtido por Souza et al. (2014), que foi de 9.553 g/ha.

Apesar dos valores referentes ao acúmulo total de Fe obtidos por Souza et al. (2014) e apresentados neste trabalho serem semelhantes, quanto à exportação de Fe pelos frutos e mudas a relação se mostrou invertida. A exportação de Fe aqui determinada foi de 236,0 e 1.744,2 g/ha em números absolutos para frutos e mudas, respectivamente, enquanto que aquele autor apresenta valores exportados de 1.632 e 393 g/ha pelo mesmo cultivar objeto de estudo.

Segundo Amaral (2011), estudando o efeito de lâminas de irrigação no acúmulo de nutrientes pelo abacaxizeiro 'Pérola', a exportação de Fe pelos frutos foi de 400 g/ha. Valor condizente com o obtido neste trabalho.

A partição de Fe na parte aérea das plantas aos 591 DAP foi de 10% para caule; 35% folhas ABC; 18% folhas D; 4% folhas EF; 4% pedúnculo; 21% mudas; e 9 %fruto. E aos 745 DAP foi de 9% caule; 25% folhas ABC; 20% folhas D; 11 % folhas EF; 3% pedúnculo; e 32% para mudas.

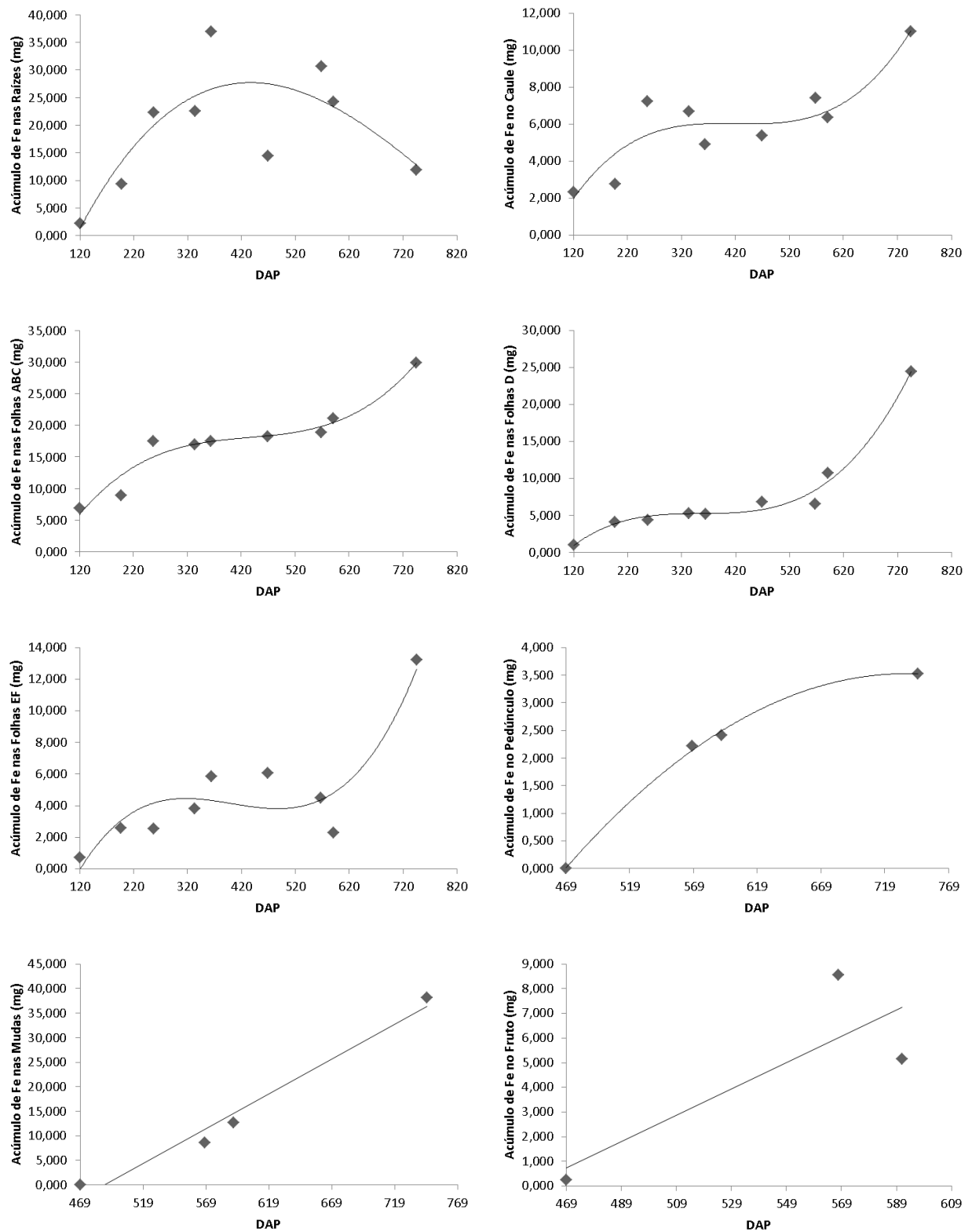


Figura 9. Acúmulo de Fe nas diferentes partes morfológicas do abacaxizeiro 'Pérola'.

4.2.4. Manganês

O período de mais intenso acúmulo de Mn ocorreu durante a fase vegetativa, como pode-se inferir a partir do comportamento quadrático da linha de tendência da figura 10. A taxa máxima de acúmulo de $0,210 \text{ mg.planta}^{-1}.\text{dia}^{-1}$ foi observada entre 257 e 334 DAP. De acordo com o observado por Souza (2012), em que a taxa máxima de acúmulo, obtida para o abacaxizeiro ‘Vitória’ se deu durante um período intermediário da fase vegetativa. Acúmulo considerável de Mn também foi observado neste trabalho no período inicial da fase reprodutiva, mas em menor intensidade que o observado durante o período especificado da fase vegetativa.

Aos 591 DAP, na época de colheita dos frutos, o acúmulo total de Mn foi de 2.578 g/ha e a exportação foi de 12% do acúmulo total, na mesma proporção observada por Souza (2012) com o abacaxizeiro ‘Vitória’. Entretanto, Souza et al. (2014) apontou uma exportação consideravelmente superior de 1.292 g/ha de Mn pelos frutos do abacaxizeiro ‘Pérola’, frente aos 315 g/ha (12%) determinados nas condições edafoclimáticas deste trabalho. Amaral (2011), por sua vez, relata a exportação de 426 g/ha pelos frutos.

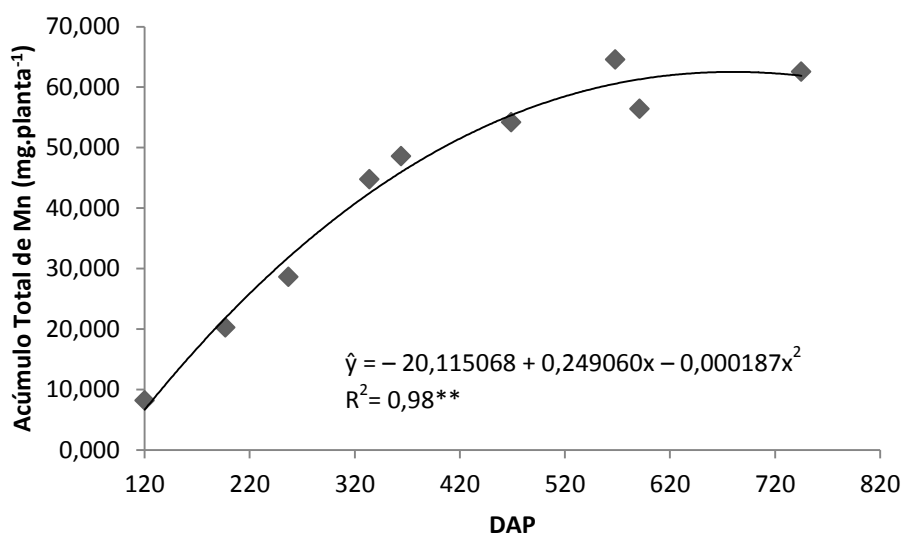


Figura 10. Acúmulo de Mn pela planta do abacaxizeiro ‘Pérola’. **: significativo a 1%.

Assim como observado para o Fe, o valor máximo acumulado de Mn se deu aos 745 DAP. Foram acumulados 2.859 g/ha e exportados pelas mudas 1.088,6 g/ha neste trabalho. Souza et al. (2014) também observou que a quantidade máxima de Mn acumulado foi atingida no final do ciclo com 7.832 g/ha aos 858 DAP, sendo exportado pelas mudas, entretanto, apenas 413 g/ha.

Ao comparar os resultados deste trabalho aos de Souza et al. (2014), mesma relação inversa apresentada para a exportação de Fe em relação a frutos e mudas é constatada para Mn. Fato que merece atenção é o caule figurar como um dos compartimentos que mais acumularam Mn no trabalho de Souza et al. (2014) em que ao final do ciclo o acúmulo de Mn foi de 15 % do total, enquanto neste trabalho foi de apenas 3%. Uma hipótese é de haja acúmulo diferencial de Mn e Fe nas diferentes partes morfológicas em função da disponibilidade destes elementos no solo, o que aliado ao tamanho reduzido de mudas e elevado acúmulo destes elementos nas coroas dos frutos explicaria o conflito de dados.

Estimativas trazidas por Malézieux & Bartholomew (2003), citando Wayman et al. (1976) e Ingamells (1981), são muito superiores ao resultado obtido neste trabalho para Mn. Aqueles autores apontam acúmulo de 8.100 a 12.000 g/ha. Seguindo nesta mesma linha, Souza (2012) aponta um acúmulo total ao final do ciclo de 10.199 g/ha pelo abacaxizeiro ‘Vitória’. E Paula et al. (1985) e Hiroce et al. (1977), citados por Souza & Reinhardt (2009), obtiveram estimativas de 7.308 e 2.456 g/ha para o abacaxizeiro ‘Pérula’ e ‘Smooth Cayenne’, respectivamente.

A partição de Mn nas plantas aos 591DAP foi de 3% para raízes e caule igualmente; 33% folhas ABC; 27% folhas D; 10% folhas EF; 2% pedúnculo; 11% mudas; e de 12% para o fruto. Aos 745 DAP foi de 1% raízes; 3% caule; 18% folhas ABC; 30% folhas D; 8% folhas EF; 2% pedúnculo; e 38% mudas.

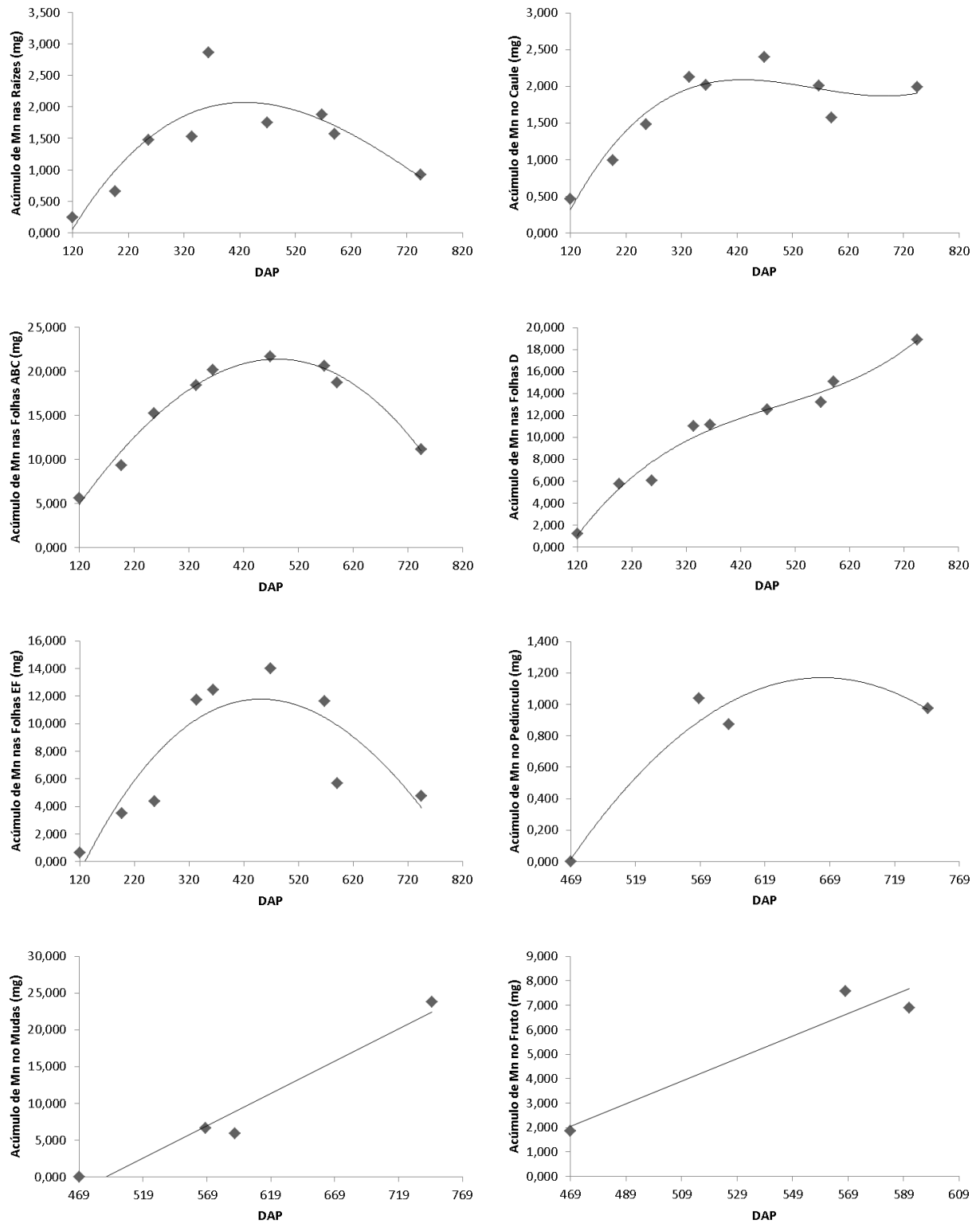


Figura 11. Acúmulo de Mn nas diferentes partes morfológicas do abacaxizeiro 'Pérola'.

4.2.5. Zinco (Zn)

Em geral, as taxas de acúmulo de Zn aumentaram gradualmente até próximo da época de colheita dos frutos, atingindo taxa máxima observada de 0,0242 mg.planta⁻¹.dia⁻¹ entre 334 e 568 DAP, semelhantemente ao observado por Souza (2012) trabalhando com o abacaxizeiro ‘Vitória’ em que o período de maior exigência por Zn foi o de pré-indução floral.

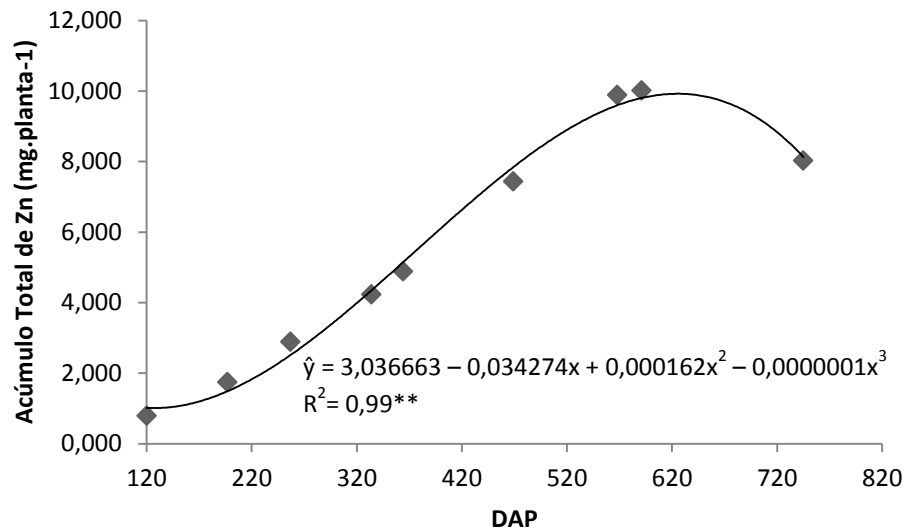


Figura 12. Acúmulo de Zn pela planta do abacaxizeiro ‘Pérola’. **: significativo a 1%.

Aos 591 DAP foi observado o maior acúmulo total de Zn pelo abacaxizeiro em todo seu ciclo. Com 10,013 mg.planta⁻¹, o acúmulo foi de 457,7 g/há, tendo os frutos exportados 94,8 g/ha, o equivalente a 21% do total. O Zn foi o segundo micronutriente menos acumulado. Diferente do observado por Souza (2012) trabalhando com o abacaxizeiro ‘Vitória’, que embora a exportação pelos frutos tenha apresentado mesma proporcionalidade (19%), o Zn foi o segundo mais acumulado atingindo 10.443 g/ha ao final do ciclo, com em torno de 25% deste montante acumulados no caule.

Pela colheita das mudas, aos 745 DAP, foram exportados 137,5 g/ha onde o acúmulo total foi de 8,021 mg.planta⁻¹, equivalente a 366,7 t/ha. Valores inferiores aos 900 g/ha apontados por Malézieux & Bartholomew (2003) citando Ingamells (1981), mas ainda assim coerentes com as estimativas levantadas por Souza & Reinhardt (2009) que foram de 225 a 404 g/ha.

A partição de Zn aos 591 DAP foi de 5% para raízes; 5% caule; 35% folhas ABC; 13% folhas D; 5% folhas EF; 2% pedúnculo; 14 mudas; e de 21%, para fruto. Aos 745 DAP manteve-se na mesma ordem com exceção das mudas que passaram a apresentar 37%.

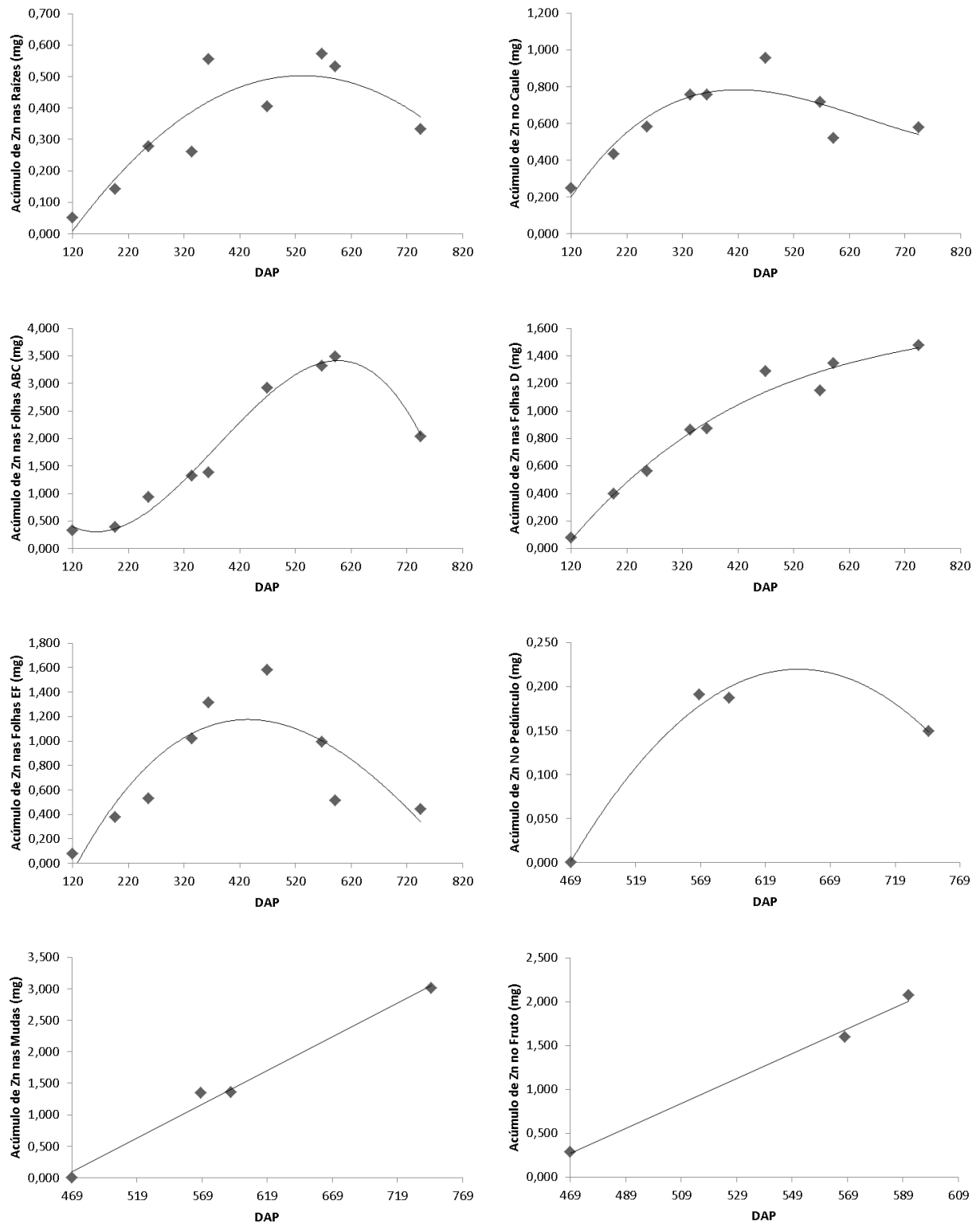


Figura 13. Acúmulo de Zn nas diferentes partes morfológicas do abacaxizeiro 'Pérola'.

5. CONCLUSÕES

O abacaxizeiro ‘Pérola’ apresentou dois períodos de intenso acúmulo de matéria seca, um durante a fase vegetativa entre 197 e 334 DAP e outro durante a fase reprodutiva de desenvolvimento dos frutos, entre 469 e 591 DAP.

Os micronutrientes apresentaram diferentes períodos de intenso acúmulo; B: entre 334 e 469 DAP; Cu: durante a fase vegetativa entre 197 e 334 DAP, e durante a fase reprodutiva entre 469 e 591 DAP; Fe: durante a fase vegetativa entre 197 e 257 DAP, e durante a fase reprodutiva entre 591 e 745 DAP; Mn: entre 257 e 334 DAP; e Zn: entre 334 e 568 DAP.

A ordem de acúmulo de micronutrientes foi a seguinte: Fe>Mn>B>Zn>Cu aos 591 e 745 DAP, tendo acumulado ao final do ciclo (745 DAP) as seguintes quantidades aproximadamente: 6038, 2859, 1058, 367, e 67 g/ha, respectivamente.

A ordem de exportação de micronutrientes pelos frutos e mudas foi a seguinte: Fe>Mn>B>Zn>Cu, sendo exportados aproximadamente as seguintes quantidades: 1980, 1404, 645, 232, e 51g/ha, respectivamente; ao considerar apenas os frutos a ordem foi: Mn>Fe>B>Zn>Cu.

6. REFERÊNCIAS

AMARAL, U. **Acúmulo de nutrientes e estoque de carbono pelo abacaxizeiro ‘Pérola’ submetido a diferentes lâminas de irrigação**. 2011. 66 p. Dissertação (Mestrado Produção Vegetal no Semiárido)- Universidade Estadual de Montes Claros, Janaúba- MG.

ALVAREZ V., V. H. et al. Interpretação dos resultados das análises de solos. In: RIBEIRO, A. C. et al. **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do estado de Minas Gerais, 1999. p.25-32.

AMORIM, A. V. et al. Fruit size and quality of pineapples cv. Vitória in response to micronutrient doses and way of application and to soil covers. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.especial, p.505-510, 2011.

BARREIRO NETO, M. et al. Disponibilidade de tecnologias apropriadas e políticas de suporte à produção de abacaxi na Paraíba. **Tecnologia & Ciência Agropecuária**. v.7, p.65-70, 2013.

BATAGLIA, O. C. Micronutrientes no solo: Ferro. In: FERREIRA, M. E. & CRUZ, M. C. P. (Eds.). **Micronutrientes na agricultura**. Piracicaba: POTAFOS/CNPq. 1991. p. 159-171.

BATAGLIA, O.C. & SANTOS, W.R. Estado nutricional de plantas perenes: Avaliação e monitoramento. **Informações Agronômicas**, n.96, v.12, p.3-8, 2001.

BORKERT, C. M.. Micronutrientes no solo: Manganês. In: FERREIRA, M. E. & CRUZ, M. C. P. (Eds.). **Micronutrientes na agricultura**. Piracicaba: POTAFOS/CNPq. 1991. p. 173-189.

CAMARGO, O. A. Reações e interações de micronutrientes no solo. In: FERREIRA, M. E. & CRUZ, M. C. P. (Eds.). **Micronutrientes na agricultura**. Piracicaba: POTAFOS/CNPq. 1991. p. 243-266.

COELHO, R. I. et al. Resposta à adubação com uréia, cloreto de potássio e ácido bórico em mudas do abacaxizeiro ‘Smooth Cayenne’. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 29, p. 161-165, 2007.

COMPANHIA DE RECURSOS MINERAIS – CPRM. **Diagnóstico do município de Itapororoca estado da Paraíba**. Recife: CPRM/PRODEEM. 2005. 10p.

DANTAS, J. P. Micronutrientes no solo: Boro. In: FERREIRA, M. E. & CRUZ, M. C. P. (Eds.). **Micronutrientes na agricultura**. Piracicaba: POTAFOS/CNPq. 1991. p. 113-125.

DECHEN, A. R. et al. Micronutrientes na planta: Funções dos micronutrientes nas plantas. In: FERREIRA, M. E. & CRUZ, M. C. P. (Eds.). **Micronutrientes na agricultura**. Piracicaba: POTAFOS/CNPq. 1991. p. 65-75.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solos**. 2^a ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos - Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1997.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2^a ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos - Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 2006.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2^a ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2009.

FEITOSA, H. O. et al. Crescimento e extração de micronutrientes em abacaxizeiro ‘Vitória’. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.especial, p.706-712, 2011.

FERREIRA, D. F. Sisvar: Um sistema de análise estatística computador. **Ciência e Agrotecnologia**. v.35, p.039-1042, 2011.

FERREIRA, M. E. & CRUZ, M. C. P. Micronutrientes no solo: Cobre. In: FERREIRA, M. E. & CRUZ, M. C. P. (Eds.). **Micronutrientes na agricultura**. Piracicaba: POTAFOS/CNPq. 1991. p. 131-151.

FERREYRA H., F. F. & SILVA F. R. Frações de boro e índices de disponibilidade em solos do estado do Ceará. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.23, p.227-236, 1999.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Produção agrícola municipal: culturas temporárias e permanentes 2015**. Rio de Janeiro: IBGE, 2016.

KIRKBY, E. A.; RÖMHELD, V. **Micronutrientes na fisiologia de plantas: funções, absorção e mobilidade**. Tradução: Suzana Oellers Ferreira. Encarte Técnico. Informações Agronômicas, n.118. 2007.

MAEDA et al. Foliar fertilization on pineapple quality and yield. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.41, p.248-253, 2011.

- MALVOLTA, E. et al. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: Potafós, 1997. 319p.
- MALÉZIEUX, E.; BARTHOLOMEW, D. P. Plant nutrition. In: BARTHOLOMEW, D.P. et al. **The Pineapple: botany, production and uses**. Honolulu: CAB, 2003. p.143-165.
- MARTINEZ, H. E. P. et al. Diagnose foliar.. In: RIBEIRO, A. C. et al. **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do estado de Minas Gerais, 1999. p.143-167.
- MELLO, F. A. F. et al. Os micronutrientes no solo. In: MELLO, F. A. F. et al. **Fertilidade do solo**. Piracicaba: Nobel. 1985, 3ed. p. 337-373.
- NASCIMENTO, C. W. A. et a. Dessorção, extração e fracionamento de manganês em latossolos. **Revista Brasileira de Ciencia do Solo**, v.26, p.589-597, 2002.
- NASCIMENTO, C. W. A. et a. Fracionamento, dessorção e extração química de zinco em latossolos. **Revista Brasileira de Ciencia do Solo**, v.26, p.599-606, 2002.
- OLIVEIRA, E. F. et al. **Abacaxi: sistema de cultivo para o tabuleiro paraibano**. João Pessoa: EMEPA, 2002.
- OLIVER, S. & BARBER, S. A. Mechanisms for the movement of Mn, Fe, B, Cu, Zn, Al and Sr from one soil to the surface of soybean roots (*Glycine max*). **Soil Science Society of America Proceedings**, V.30, p.468-4790, 1966.
- PAULA, M. B. et al. Exigências nutricionais do abacaxizeiro. **Informe Agropecuário**. v.11, p.27-31, 1985.
- PAULA, M. B. et al. Nutrição e adubação do abacaxizeiro. **Informe Agropecuário**. v.19, p.33-39, 1998.
- PEGORARO, R. F. et al. Macronutrient uptake, accumulation and export by the irrigated 'Vitória' pineapple plant. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v.38, p.896-904, 2014.
- RODRIGUES, A. A. **Desenvolvimento e teores foliares de nutrientes dos cultivares de abacaxi Pérola, Smooth Cayenne e Imperial nas condições edafoclimáticas do estado da Paraíba**. 2005. 102 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2005.

RODRIGUES, A. A. et al. Desenvolvimento vegetativo de abacaxizeiros ‘Pérola’ e ‘Smooth Cayenne’ no Estado da Paraíba. **Revista Brasileira de Fruticultura**. v.32, p.126-134, 2010.

SIEBENEICHLER, S. C. et al. Mobilidade do boro em plantas de abacaxi. **Revista Brasileira de Fruticultura**. v.27, p.292-294, 2005.

SIEBENEICHLER, S. C. et al. Boro em abacaxizeiro ‘Pérola’ no Norte Fluminense – teores, distribuição e características do fruto. **Revista Brasileira de Fruticultura**. v.30, p.787-793, 2008.

SILVA, A. P. et al. Sistema de recomendação de fertilizantes e corretivos para a cultura do abacaxizeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v.33, p.1269-1280, 2009.

SILVA, A. L. P. et al. Resposta do abacaxizeiro ‘Vitória’ as doses de N em solos de Tabuleiros Costeiros da Paraíba. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v.36, p.447-456, 2012.

SILVA NETO, E. L.; SIEBENEICHLER, S. C. Adubação de micronutrientes em mudas de abacaxizeiros ‘Pérola’ provenientes de caules seccionados. In: **VIII Seminário de Iniciação Científica da UFT**, 2012, Palmas-TO. Anais do VIII Seminário de Iniciação Científica da UFT. Palmas- TO: UFT, 2012. v. 1. p. 1-4.

SOUZA, C. B. et al. Crescimento e rendimento do abacaxizeiro nas condições climáticas dos Tabuleiros Costeiros do Estado da Paraíba. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.11, p.134-141, 2007.

SOUZA, L. F. S. Exigências edáficas e nutricionais. In: CUNHA, G.A.P. et al. **O abacaxizeiro**: Cultivo, agroindústria e economia. Brasília: Embrapa, 1999. p.67-83.

SOUZA, L. F. S. **Os micronutrientes e o abacaxizeiro**. Cruz das Almas, BA, 2007, 2p.

SOUZA, L. F. S. & REINHARDT, D. H. Abacaxizeiro. In: CRISÓSTOMO, L. A. & NAUMOV, A. (Orgs.). **Adubando para Alta Produtividade e Qualidade**: Fruteiras Tropicais do Brasil. Tradução: Lindbergue Araújo Crisóstomo. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2009. p.182-205.

SOUZA, B. A. M. **Marcha de absorção de nutrientes e crescimento do abacaxizeiro ‘Vitória’ irrigado**. 2012. 112 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal no Semiárido) – Universidade Estadual de Montes Claros, Janaúba, 2012.

SOUZA, M. A. T. S. et al. Absorção e acúmulo Cu, Fe e Mn pelo abacaxizeiro ‘Pérola’ irrigado. In: Fórum de ensino, pesquisa, extensão e Gestão, 8., 2014. Montes Claros. Anais Online FEPEG 2014, 2014.

TEDESCO, M. J. et al. **Análise de solo, planta e outros materiais**. 2^a ed. Porto Alegre: UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL, 1995.

VENDRAME, P. R. S. et al. Disponibilidade de cobre, ferro, manganês e zinco em solos sob pastagens na Região do Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, p.859-864, 2007.

VERAWUDH, J. Effects of micronutrients on growth, nutrients content in D-leaf, and yield of pineapple. **Acta Horticulturae**, v. 21, p. 241-246, 1993.

VOLKWEISS, S. J. Adubos e adubação com micronutrientes: Fontes e métodos de aplicação. In: FERREIRA, M. E. & CRUZ, M. C. P. (Eds.). **Micronutrientes na agricultura**. Piracicaba: POTAFOS/CNPq. 1991. p. 391-409.

P